

Annual Report of the Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary for 1982

Годовой отчет Венгерского Геофизического Института им. Лорадна Этвеша за 1982 г.

# A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1982. évi jelentése









A MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND  
GEOFIZIKAI INTÉZET

# 1982. ÉVI JELENTÉSE

ANNUAL REPORT OF THE EÖTVÖS LORÁND GEOPHYSICAL  
INSTITUTE OF HUNGARY  
FOR 1982

ГODOVOЙ ОТЧЕТ  
ВЕНГЕРСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
им. ЛОРАНДА ЭТВЕША  
за 1982 г.

Szerkesztő:  
Sz. Kilényi Éva

ETO (UDC) 550.3 (061.6) (439 Budapest) (058)  
HU ISSN 0524—8655

Felelős kiadó: Müller Pál  
Összeállította: Aczél Etelka  
Grafikai szerkesztő: Németh Lajos



Egyetemi Nyomda — 83.1907 Budapest, 1984  
Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

# TARTALOM

|  |     |
|--|-----|
| 1 FÖLDTANI KUTATÁS .....   | 11  |
| 1.1 Komplex geofizikai kutatás a Dunántúli-középhegységben .....   | 13  |
| 1.1.1 Barnaköszén-kutatás .....  | 16  |
| Felső kréta barnaköszén-kutatás; a Gerecse hegység DK-i előterében végzett barnaköszén-kutatás; nagy felbontóképességű szeizmikus reflexiós mérés a szénkutatás termelési fázisában; eocén barnaköszén-kutatás |     |
| 1.1.2 Bauxitkutatás .....  | 23  |
| Bauxitkutatás Tükröspusztá körzetében; bauxitkutatás Bakonyoszlop környékén; elektromágneses mérések felső kréta fekvőjű bauxitlepek kutatására; csordakúti részletes bauxitgeofizikai mérések                 |     |
| 1.2 Geofizikai kutatás Észak-Magyarországon .....  | 30  |
| 1.2.1 Érc előkutatás a Közép- és Nyugat-Mátrában .....   | 30  |
| 1.2.2 Földtani előkutatás az Aggtelek-Rudabányai hegységben .....  | 37  |
| 1.2.3 A szarvaskői szinform rétegsora és tektonikája .....   | 42  |
| 1.3 Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata .....  | 66  |
| 1.3.1 A magnetotellurikus mérések eredményei .....   | 66  |
| 1.3.2 A szeizmikus mérések eredményei .....  | 68  |
| 1.4 Víz- és mérnökgeofizikai kutatás .....   | 72  |
| 1.4.1 A Maros hordalékkúp geofizikai kutatása .....  | 72  |
| 1.4.2 A Rába-terasz és hordalékkúp geofizikai kutatása .....   | 79  |
| 1.4.3 Felszínmozgások vizsgálata .....   | 82  |
| Felszínmozgások mérnökgeofizikai vizsgálata a Dráva mentén; felszínmozgások geoelektromos vizsgálata Orfű térségében   |     |
| 1.5 Hajdúsági szeizmikus mérések újrafeldolgozásának eredményei .....  | 87  |
| 1.6 Szeizmikus kutatás a Nógrádi-medencében .....  | 89  |
| 2 MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS .....  | 93  |
| 2.1 Szeizmikus módszer- és műszerkutatás .....   | 95  |
| 2.1.1 Három dimenziós szeizmikus mérések programrendszerének fejlesztése .....   | 95  |
| 2.1.2 R—10 számítógépre alapozott expedíciós szeizmikus feldolgozó rendszer .....  | 99  |
| 2.1.3 Lebegőpontos geofizikai speciális processzor .....   | 101 |
| 2.1.4 A speciális processzor illesztése R—35 számítógéphez .....   | 105 |
| 2.1.5 Kőzetfeszültség vizsgálatok a csordakúti alsó telephelyben .....   | 111 |
| 2.2 Geoelektromos módszer- és műszerfejlesztés .....   | 118 |
| 2.2.1 Mesterséges elektromágneses frekvenciaszondázási görbék számítása .....  | 118 |
| 2.2.2 Régészeti célú mérések .....   | 122 |
| 2.2.3 Számítógép interaktív alkalmazása a földtani-geofizikai kutatásban (KIR) .....   | 124 |
| 2.2.4 Az új típusú DIAPIR műszerek .....   | 131 |

|  |         |
|--|---------|
| 2.3 Mélyfúrási geofizikai módszer- és műszerkutatás .....  | 136     |
| 2.3.1 Nukleáris módszerfejlesztés .....  | 136     |
| Négycsoportos neutron diffúziós egyenletek megoldása különböző, jellemző<br>kifejlődésű széntelepekre; szénszonda módszertani bemérése, a természetes<br>gamma sugárzás energiaszelektív mérései fűrólyuk viszonyok között                       |         |
| 2.3.2 Számítógépes kiértékelés .....   | 141     |
| 2.3.3 Terepi módszertani vizsgálatok .....   | 143     |
| Röntgenradiometrikus mérések; mágneses szuszeptibilitás mérések; gerjesztett<br>potenciál mérések  |         |
| 2.3.4 Műszerfejlesztés .....   | 150     |
| Fotoregisztráló; komplex termelésirányító rendszer az MTA—1527—2000<br>Ipari Gyorselemző Automata alkalmazásával   |         |
| <br>3 FÖLDFIZIKAI KUTATÁS .....  | <br>153 |
| 3.1 A földmágneses tér vizsgálata .....  | 155     |
| 3.2 Geodinamikai vizsgálatok .....   | 158     |
| 3.3 Paleomágneses kutatás .....  | 160     |
| A földtani alapszelvények paleomágneses vizsgálata; a bauxitok és mellékkőzeteik<br>paleomágneses vizsgálata; paleomágneses kutatás a Velencei-hegységben; nemzet-<br>közi együttműködésben végzett paleomágneses munkák                         |         |
| 3.4 Geodéziai gravimetria .....  | 165     |
| <br>FÜGGELÉK .....   | <br>169 |
| Példák az ELGI külföldi tevékenységéből: Mongóliai Nemzetközi Földtani Expe-<br>dició; multifrekvenciás elektromágneses szondázás: a) Csehszlovákiában; b) Baden<br>Württembergben; c) Felső-Ausztriában; d) Bajorországban; e) Alsó-Ausztriában |         |
| <br>Könyvtári szolgálat; Kiadványok .....  | <br>181 |



# CONTENTS

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 1     | GEOPHYSICAL PROSPECTING .....  | 185 |
| 2     | METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH .....   | 195 |
| 2.1   | Seismic .....  | 197 |
| 2.1.1 | Development of the program system for the processing of 3-dimensional seismics .....   | 197 |
| 2.1.2 | Seismic expedition data processing system based on the RYAD—10 computer .....  | 199 |
| 2.1.3 | Special processor with floating-point arithmetics .....  | 201 |
| 2.1.4 | Interfacing of the special processor to the R—35 computer .....  | 205 |
| 2.1.5 | Rock stress measurements in the lower coal seam of the Csordakut Mine .....  | 210 |
| 2.2   | Geoelectric .....  | 213 |
| 2.2.1 | Computation of multifrequency electromagnetic sounding curves .....  | 213 |
| 2.2.2 | Archeological exploration .....  | 216 |
| 2.2.3 | An interactive computer system for geological—geophysical exploration (the Exploration Information System) .....   | 217 |
| 2.2.4 | New instruments of the DIAPIR family .....   | 221 |
| 2.3   | Well logging .....   | 222 |
| 2.3.1 | Nuclear methodological research .....  | 222 |
|       | Solution of four-group neutron diffusion equations for coal beds of different types; methodological test of the coal sonde; energy-selective measurement of natural gamma radiation in borehole conditions .....   |     |
| 2.3.2 | Computerized interpretation .....  | 225 |
| 2.3.3 | Methodological investigations in the field .....   | 226 |
|       | X-ray radiometric measurements; magnetic susceptibility logging; induced polarization logging .....  |     |
| 2.3.4 | Apparatus design .....   | 231 |
|       | Photorecorder; integrated production control system using the Industrial Rapid Analyser type MTA—1527—2000 .....   |     |
| 3     | EARTH PHYSICS RESEARCH .....   | 233 |
| 3.1   | Investigation of the geomagnetic field .....   | 235 |
| 3.2   | Geodynamic investigations .....  | 237 |
| 3.3   | Palaeomagnetic investigations .....  | 239 |
|       | Palaeomagnetic investigation of geological basic sections; palaeomagnetic investigation of bauxites and their embedding rocks; palaeomagnetic investigation in the Velence hills; international cooperation in palaeomagnetic investigations .....       |     |
| 3.4   | Geodetic gravimetry .....  | 243 |
|       | MISCELLANEOUS .....  | 246 |
|       | Examples of ELGI's activities abroad: International Geological Expedition in Mongolia; Multifrequency electromagnetic soundings a) in Czechoslovakia, b) in Baden—Württemberg (FRG), c) in Upper Austria, d) in Bavaria (FRG), e) in Lower Austria ..... |     |
|       | Library; Publications .....  | 251 |



# СОДЕРЖАНИЕ

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 1     | ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ .....  | 255 |
| 2     | ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ .....   | 265 |
| 2.1   | Сейсморазведка .....   | 267 |
| 2.1.1 | Усовершенствование системы программ для объемных сейсмических измерений .....  | 267 |
| 2.1.2 | Экспедиционная система обработки сейсмических данных на базе ЭВМ ЕС—1010 .....   | 269 |
| 2.1.3 | Специальный процессор с плавающей запятой .....  | 271 |
| 2.1.4 | Подключение спецпроцессора к ЭВМ ЕС—1010 .....   | 276 |
| 2.1.5 | Исследования напряженного состояния пород нижнего угольного пласта месторождения Чордакут .....  | 282 |
| 2.2   | Электроразведка .....  | 286 |
| 2.2.1 | Расчет кривых искусственных электромагнитных частотных зондирования .....  | 286 |
| 2.2.2 | Геофизические исследования в археологии .....  | 289 |
| 2.2.3 | Интерактивное использование ЭВМ в геолого-геофизических работах .....  | 291 |
| 2.2.4 | Аппаратура ДИАПИР нового типа .....  | 295 |
| 2.3   | Промысловая геофизика .....  | 296 |
| 2.3.1 | Разработка методики ядерных измерений .....  | 296 |
| 2.3.2 | Интерпретация на ЭВМ .....   | 299 |
| 2.3.3 | Полевые методические исследования .....  | 301 |
|       | Рентгено-радиометрические работы; измерение магнитной восприимчивости; измерение ВП .....  |     |
| 2.3.4 | Разработка аппаратуры .....  | 306 |
|       | Фоторегистратор; комплексная система управления производственным процессом на базе Промышленного экспресс-анализатора типа МТА—1527—2000 .....   |     |
| 3     | ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ .....  | 309 |
| 3.1   | Исследование геомагнитного поля .....  | 311 |
| 3.2   | Геодинамические исследования .....   | 314 |
| 3.3   | Палеомагнитные исследования .....  | 317 |
|       | Палеомагнитное исследование геологических основных разрезов; палеомагнитное исследование бокситов и вмещающих пород; палеомагнитные исследования в горах Веленце; международное сотрудничество по палеомагнитным исследованиям ..... |     |
| 3.4   | Геодезическая гравиметрия .....  | 321 |

|              |     |
|--------------|-----|
| РАЗНОЕ ..... | 324 |
|--------------|-----|

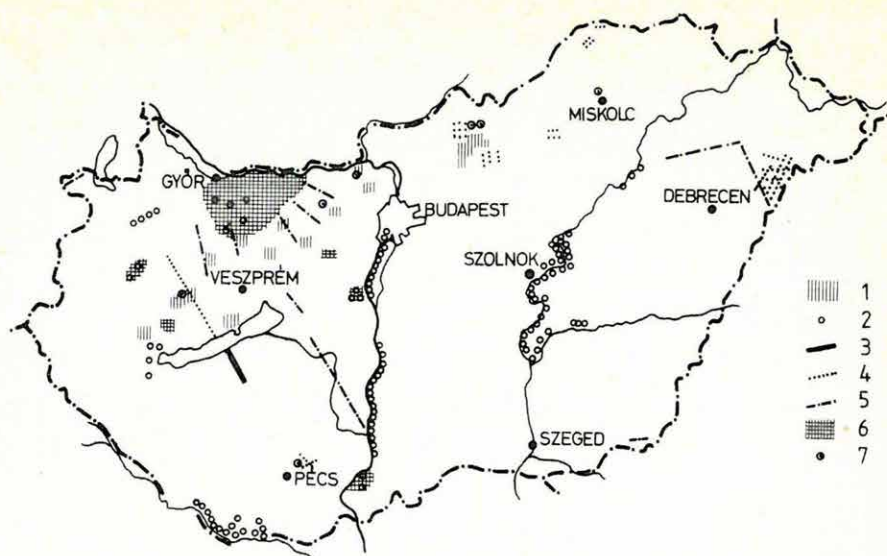
Примеры деятельности ЭЛГИ за-границей:

Международная геологическая экспедиция в Монголии; Многочастотные электромагнитные зондирования в а) Чехословакии, б) Баден-Вюртемберг (ФРГ), в) Верхней Австрии, г) Баварии (ФРГ), д) Нижней Австрии

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Работа библиотеки; Публикации ..... | 329 |
|-------------------------------------|-----|

# 1 FÖLDTANI KUTATÁS





1. ábra. Az ELGI terepi kutatásai

- 1 — ásványi nyersanyagok komplex kutatása
- 2 — mérnökgeofizikai és vízföldtani kutatás
- 3 — földkéreg- és litoszféra-kutatás
- 4 — szeizmikus kutatás
- 5 — geoelektromos szelvénymenti mérés
- 6 — geoelektromos területi mérés

Fig. 1. Field work, 1982

- 1 — integrated prospecting for minerals
- 2 — hydrogeological and civil engineering projects
- 3 — crustal and lithospheric investigation
- 4 — seismic survey
- 5 — geoelectric profiles
- 6 — geoelectric network

Рис. 1. Полевые работы, проведенные институтом ЭЛГИ

- 1 — комплексная разведка месторождений минерального сырья
- 2 — инженерно—геофизические и гидрогеологические исследования
- 3 — сейсморазведка
- 4 — электроразведка по профилям
- 5 — площадная электроразведочная съемка

## 1.1 KOMPLEX GEOFIZIKAI KUTATÁS A DUNÁNTÚLI-KÖZÉPHEGYSÉGBEN\*

1982-ben is folytattuk a Dunántúli-középhegység térségében a rendszeres, komplex geofizikai kutatást. A nyersanyag prognosztikát és földtani előkutatást a Központi Földtani Hivatal irányításával a Magyar Állami Földtani Intézettel (MÁFI) közösen végeztük; a felderítő- és részletes fázisú barnakőszén-kutató geofizikai méréseket a dorogi, tatabányai, oroszlányi, közép-dunántúli szénbányákkal egyeztettük. A felderítő és részletes bauxitkutató geofizikai méréseket a Magyar Alumíniumipari Tröszt irányításával a Bauxitkutató Vállalat és Tatabányai Szénbányák (TSZV) megbízásából végeztük.

A geológiai és bányászati intézményekkel és vállalatokkal az együttműködés tovább fejlődött, szélesebb szakember körre terjedt ki. Az együttműködés eredményei a nyersanyagkutatás területein:

- a MÁFI-val közösen végzett kutatás a hegység DNy-i részén, Sümeg—Ukk körzetében a nagy valószínűséggel műrevalónak minősülő *gyepükajáni* (szenon) szénmezőt eredményezte;
- a *szárpári* szénterület geofizikai előkutatását befejeztük;
- mélyfúrásos továbbkutatásra javasoljuk a *Bokod III—Márkushegy Ny-i* és a *Lencse-hegy III* reménybeli eocén barnakőszén-területeket;
- a *devecseri* mélymedencében eddig nem találtunk olyan magasrögt, amely az 500 m-nél kisebb mélységű szenon széntelepek létezésének valószínűségét alátámasztaná;
- a geofizikai értékeléssel és értelmezéssel közreműködünk a *Mány K—zsámbéki* szénmező előzetes kutatását és a *tarjáni* szénmező felderítő kutatását, valamint a terület szénvagyonát ismertető zárójelentés kidolgozásában;
- a Tatabányai Szénbányák megbízásából végzett geofizikai és földtani kutatás eredményeként műrevaló bauxitlencsék váltak ismertté *Csordakút* környékén;
- a Bauxitkutató Vállalat megbízásából a *Bakonyoszló* és *Iharkút* környékén kiterjedt geofizikai méréseket végeztünk.

\* Szabadváry L.

A hazai nyersanyagbázisra támaszkodó alumíniumipar távlati lehetőségeinek megítélése, a távlatilag kitermelhető bauxitvagyon áttekintése a jelenlegi földtani ismeretek alapján a bauxitkutatásból kizárható területrészek tudományos elemzését igényli, mind a Dunántúli-középhegységben, mind a Villányi-hegységben. A MÁFI és az ELGI, a Bauxitkutató Vállalat közreműködésével kidolgozott „Bauxit előkutatási és prognózis program”-ban egyik elsőrendű feladatának tekinti ezeknek az alig ismert, de az előzetes áttekintő prognózis alapján nem kizárható területeknek a vizsgálatát, elsősorban azzal a céllal, hogy meghatározzák: az adott területek melyik részén célszerű előkutatást tervezni, illetve mely részek zárhatók ki a további költségesebb kutatásból. Megtörténtek az első lépések közös földtani—geofizikai koncepció kialakítására, megfelelő mérési- és értelmezési eljárások kifejlesztésére.

Az 1982. évi munkát jellemzi, hogy

- ugrásszerűen megnőtt a 6—12-szeres fedésű reflexiós mérések és az elektromágneses frekvenciaszondázások alkalmazása;
- megőrizte széles körű alkalmazását a rádiófrekvenciás (VLF) és potenciáltérképező (PM) módszer a sekélykutatásban;
- elsősorban fúrástechnikai és szervezési nehézségek miatt nem fejlődött hatékonyságának megfelelően a fúrás—felszín (FFG) és a fúrás—fúrás (BFG) közti „átvilágító” módszer;
- vesztett jelentőségéből — az eredmények integrált jellege miatt — az elektromágneses frekvenciaszondázással (MFS) és térképezéssel (MFM) szemben az egyenáramú szondázás (VES) és szelvényezés;
- több földtani információt szolgáltatott a sűrű hálózatban mért gravitációs mérések másodlagos feldolgozása, valamint a több komponensű VLF mérések, különösen ennek invariáns változata.

Kutató munkáinkat a kutatás szintje és területe szerint az alábbiak szerint csoportosíthatjuk.

### *Földtani előkutatás*

1. Felső kréta barnakőszén-kutatás a Dunántúli-középhegység DK-i részén Sümeg—Ukk—Gyepükaján körzetében (MÁFI).

Az eocén barnakőszén-kutatás keretében végzett munkáink:

2. a Gerecse hegység Ny-i előterében (Bokod-III—Márkushegy Ny-i terület, MÁFI);
3. a Pilis hegység Ny-i peremén (Lencsehegy—III terület, MÁFI);
4. a Bakony hegységben (Csetény—szápári medence, MÁFI);



Bauxit előkutatást végeztünk:

5. a Dunántúli-középhegység DNy-i részén (Zalaudvarnok, Kehida környékén, MÁFI);
6. A Gerecse hegység DK-i részén (Tükrös, Tornó környékén, MÁFI);
7. a Budai-hegységben (Tinnye, Piliscsaba környékén, MÁFI);
8. a Bakony Ny-i részén (Csehbánya környékén, BKV);
9. a Bakony É-i részén, Bakonyoszlop körzetében (Aranyosvölgy, Csesznek D-i terület, BKV);
10. a Vértes hegység D-i részén (Csákberénytől DNy-ra, BKV);

Kísérleti méréseket végeztünk egy-egy földtani feladat megoldására:

11. a Soproni-hegységben, Brennbergbányától Ny-ra (miocén barnakőszén, KFH);
12. Kőszárhegy körzetében (kísérleti, nagy mélységű MFS mérések, KFH);
13. Vértesszőlős körzetében (kísérleti, kis mélységű MFS mérések, KFH);
14. a Keszthelyi-hegységben (földtani térképezés, MÁFI) és
15. a Balaton-felvidéken (MÉV);

#### *Felderítő- és előzetes bauxitkutatás*

16. a Dunántúli-középhegység DNy-i részén, a nyirádi lelőhely körzetében (a Csabapuszta környéki kettős bauxitszint kutatása, BKV);
17. a Bakony Ny-i peremén (bakonyjákói magasrög, BKV);
18. Iharkúttól ÉK-re (Királykapu térségében, BKV);

#### *Részletes kutatás*

19. a Gerecse hegység DK-i részén (csordakúti terület, bauxit és kőszén, TSZV);
20. az iharkúti bauxitelőfordulás területén (Hajszabarna, BKV);
21. a bakonyoszlopi I. bauxitkoncentráció területén (BKV);

*Szeizmikus reflexiós méréseket végeztünk a szénkutatás termelési fázisában:*

22. a Mányi bányáüzem területén (TSZV).

A geofizikai mérések eredményeinek figyelembevételével a BKV, a MÁFI és a TSZV 1982-ben 158 kutatófúrást telepített, ebből 82 fúrás volt produktív bauxitra, 4 fúrás barnakőszénre.

Ezenkívül reménybelinek minősült (nyersanyagot jelzett) további 7 fúrás bauxitra és 3 fúrás barnakőszénre. Kiemelhető a csordakúti bauxitkutatás, ahol az elmúlt időszakban 138 fúrás mélyült, ennek 89%-át geofizikai mérések figyelembevételével telepítették és ezek 61%-a produktívnak bizonyult.

A következőkben ebből a sokrétű munkából mutatunk be néhány jellemző módszertani- és nyersanyagkutatási eredményt.

### 1.1.1 Barnakőszén-kutatás

#### *Felső kréta barnakőszén-kutatás\**

A „Bakonyi szenon barnakőszén-előkutatási program” keretén belül a Sümeg—Ukk—Gyepükaján térségében 1980 óta végzett geofizikai méréseket 1982-ben is folytattuk, és befejeztük a gyepükajáni területet.

Az előbbi évek geofizikai eredményei és földtani meg gondolások alapján 1982-ben hat szeizmikus szelvényt telepítettünk, amelyekkel biztosítottuk a korábbi fúrások közötti korrelációt és az egységes szelvényhálózatot. Multifrekvenciás szondázásokat (MFS) végeztünk a fúrásponton átmenő rövid szelvények mentén, hogy a földtani felépítés térben is vizsgálható legyen.

A szeizmikus reflexiós szelvények főként a triász—jura medencealjzat domborzatára és szerkezeti felépítésére adtak adatokat. Meghatározták azokat a nyugodt településű szerkezeteket, ahol eredményesnek látszik kutató fúrást telepíteni.

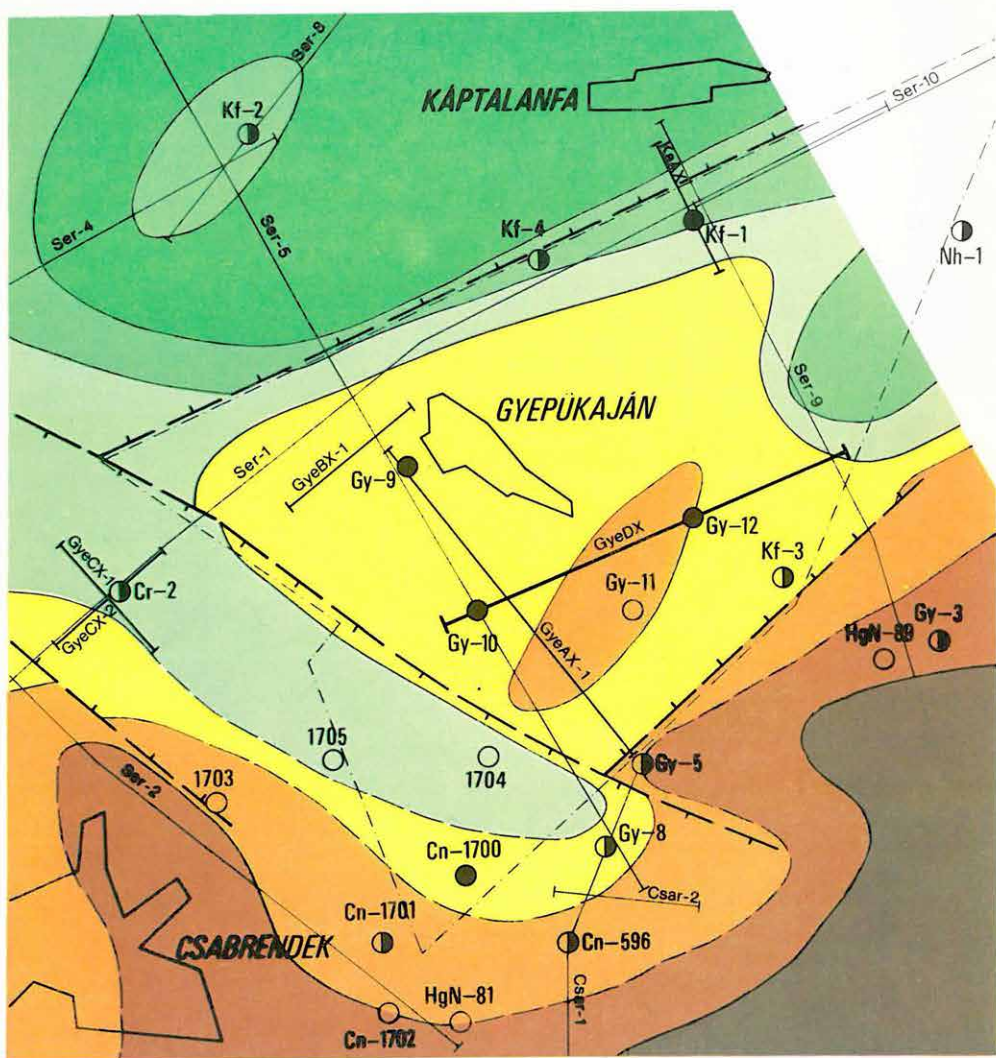
A Maxi-Probe rendszerű multifrekvenciás szondázások behatolási mélysége a kutatási területen 600—700 m, így a medencealjzatról csak ott szolgáltatnak információt, ahol az kisebb mélységben települt. A medencealjzat feletti rétegösszletekről viszont — nagy felbontóképességüknel fogva — hasznos adatokat nyújtottak.

A geofizikai mérések, valamint a területre eső kutató fúrások adatainak felhasználásával megszerkesztettük a gyepükajáni területen a kréta időszak medence aljzatának domborzatát és szerkezeti vázlatát (2. ábra). A térképen egyértelműen látszik a gyepükajáni terület kiemelt helyzete, amelyet ÉÉNy és DNy felől vetők határolnak. Káptalanfa és a Kf—2 fúrás környékén a medencealjzat elmélyül, a szenon kőszéntelepeket itt a gyenge minőség és a rétegek kis vastagsága jellemzi, ezért ipari értéket nem képviselnek. Csabrendek környékén és a terület DK-i részén a széntelepes összlet és a széntelepek kivékonyodása figyelhető meg. Itt a szenon a középső eocén rétegek alatt az Ugodi Mész-kő Formációval kezdődik, emiatt a terület bauxitra perspektivikus. A gyepükajáni kiemelt terület produktív kutató fúrásai alapján a területen az előkutatás fázisában kb. 140 Mt, közel 12 MJ/kg fűtőértékű, 500—700 m települési mélységű, bányászati művelésre alkalmas barnakőszénvagyon vált prognosztizálhatóvá, amely a Ny-dunántúli térség szénellátását hosszú távon biztosíthatná.

Az előkutatásban a MÁFI (Császár G., Lantos M., Partényi Z.) a Veszprémi Szénbányák (Makrai L., Molnár I.) és az ELGI (Hoffer E., Nyitrai T., Szörényi Z.) vett részt. A mélyfúrásokat az OFKfV Várpalotai Üzemegysége mélyítette.

\* Hoffer E.





1 ●

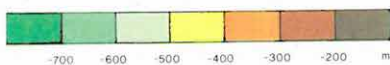
2 ○

3 ○

4 Ser-1

5 GyEX

6



**2. ábra.** A triász—jura időszaki medencealjzat domborzata és szerkezeti vázlata Gyepükaján környékén

1 — Ajkai Kőszén Formációt harántoló produktív fúrás; 2 — Ajkai Kőszén Formációt harántoló meddő fúrás; 3 — fedőben leállt fúrás; 4 — szeizmikus reflexiós szelvény; 5 — multifrekvenciás elektromágneses szelvény; 6 — a készletszámításnál figyelembe vett terület határa

**Fig. 2.** Contours and structural sketch of Triassic-Jurassic basement in the area of Gyepükaján

1 — productive borehole penetrating Ajka Coal Formation; 2 — barren borehole, penetrating Ajka Coal Formation; 3 — borehole reaching the roof only; 4 — seismic reflection profile; 5 — multifrequency electromagnetic profile; 6 — limits of area considered in resource assessment

**Рис. 2.** Рельеф и структурная схема основания триасово-юрского бассейна ок. с. Денюкаян

1 — продуктивная скважина, пересекающая Каменноугольную формацию Айка; 2 — непродуктивная скважина, пересекающая Каменноугольную формацию Айка; 3 — скважина, остановившаяся в кровле; 4 — сейсмический разрез МОВ; 5 — разрез многочастотного электромагнитного зондирования; 6 — граница района, учитываемого для расчета запасов

A hegység előterében az elmúlt években végzett komplex földtani kutatás elsődleges célja a területen előforduló barnaköszén-mezők és bauxittelek kiterjedésének, települési formájának, minőségének és ásványvagyonának meghatározása volt. Emellett a program — a kutatás komplexitásának elve alapján — minden más hasznosítható nyersanyag megismerését is célozta.

Az 1970. óta rendszeresen végzett geofizikai mérések eredményeiről az ELGI évkönyveiben rendszeresen beszámoltunk. 1982-ben Szűcs J. és Muntyán I. (Dorogi Szénbányák Tervező Iroda), dr. Végh Sándorné (ELTE TTK Alkalmazott és Műszaki Földtani Tanszéke), Rezessy G. és Majkuth T. (ELGI), Baross G. (BKV), Willemsz T. (KBFI), dr. Gerber P., Sóki I. és Sass E. (TSZV) elkészítették a kutatási zárójelentést. Ez a jelentés tartalmazza a területen a több, mint 10 éve jól együttműködő geológus és geofizikus szakemberek közös értékelését. Ennek tükrében foglaljuk össze a geofizikai munkák tapasztalatait.

A földtani kutatás 152 km<sup>2</sup> területre terjedt ki és magában foglalta Mány K—Zsámbék, Tarján, Héreg, Tükröspusztá, Bajna, Gyermely községek területeit, valamint Epöl és Nagysáp területének egy részét is.

A barnaköszén-kutatás

|                |            |           |
|----------------|------------|-----------|
| Mány K—Zsámbék | területein | előzetes  |
| Tarján—Héreg   | területein | felderítő |
| Bajna          | területein | felderítő |
| Tükröspusztá   | területein | felderítő |

fázisokat zárt le.

Bauxitkutatásban minden területrészen csak előkutatási fázist értünk el. Előkutatási szinten prognosztizálható szénelőfordulást mutatott ki a kutatás a gyermelyi gát süllyedékében és a Bajnától D-re eső területrészen is.

A geofizikai mérések legfontosabb eredményei:

- a mérések felhívták a figyelmet a mányi szénmező K-i folytatódásának lehetőségére, kijelölték a továbbkutatásra érdemes Mány K—Zsámbék területet;
- a folyamatosan kialakított komplex geofizikai mérések előkészítették és megalapozták a földtani felderítő- és előzetes fázis kutató fúrásainak telepítését;
- adatokat szolgáltatottak a fúrások közötti területrészek tektonikai viszonyairól, a vetőrendszerek elhelyezkedéséről, a rétegdőlés-viszonyokról és rétegek kiékelődéséről.

Az előkutatás keretében szerkesztettük meg a 3. ábrán bemutatott gravitációs maradék-anomália térképet, amelyet  $\sigma = 2,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  sűrűséggel,

\* Majkuth T., Rezessy G.



$s=250$  m rácsávolsággal,  $\kappa=3$  szűrőmátrixszal számoltunk. Ez az 1974-ben készült térkép fontos szerepet játszott a Mátyás K—Zsámbéki szénmező megismerésében. A térkép jól tükrözi a harmadidőszaki medencealjzatot ért vetőket. Felismerhető a markáns ÉÉNy—DDK irányú fiatal vetőrendszer mellett egy K—Ny irányú minimumvonulat is. A területen akkor meglevő fúrások közül csak a Zs—1 harántolt barnakőszén — viszont egy sem mélyült a K—Ny irányú minimumban. Ezért a további geofizikai mérések tervezésénél különös gondot fordítottunk ennek a területrésznek a megismerésére. A terület fúrások kutatását a Zs—10 komplex szelvény alapján javasoltuk (ELGI 1975. Évi Jelentés 6. ábra).

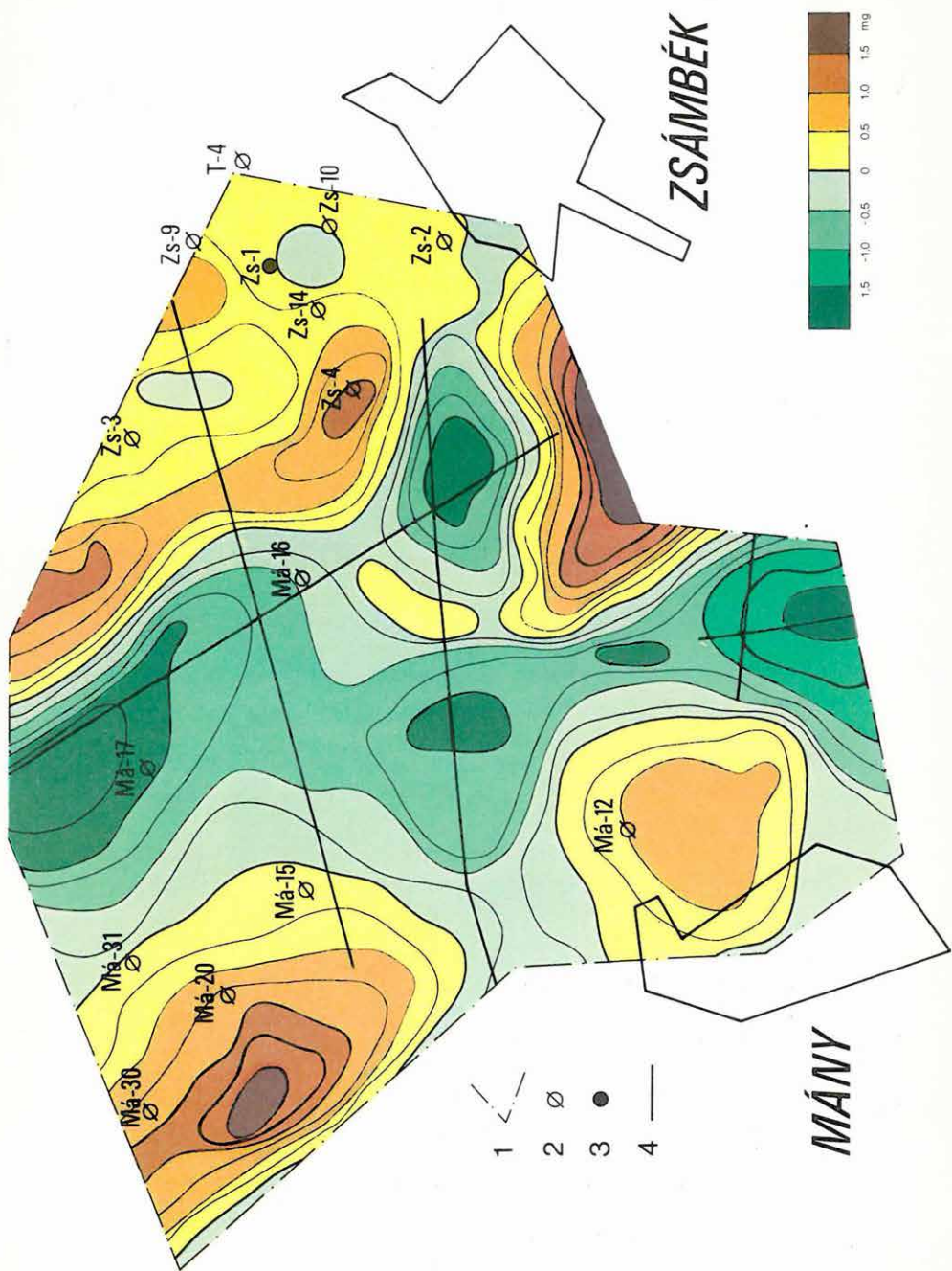
1977-re elkészült a geofizikai méréseknek egy olyan hálózata (összesen 200 km szelvény), amely alapján a harmadidőszaki medencealjzat domborzati térképe 1:25 000 méretarányban megszerkeszthető volt. Ezen a térképen körülhatárolhatók voltak a kisebb (max. 1—2 km<sup>2</sup> kiterjedésű) süllyedékek, magasrögök és közbülső blokkok. A jellemző szerkezeti egységekre tervezte az ELGI és a MÁFI a KFH megbízása alapján az elő- és felderítő fázis fúrásos kutatását.

A geofizikai mérések eredményei fontos szerepet játszottak a kutató fúrások optimális helyének meghatározásánál is. A területi és szelvénymenti geofizikai adatok hozzájárultak a kutatás minden szakaszában egy realisabb földtani modell megalkotásához, majd ennek a modellnek kritikus pontjaira kerültek az új fúrások. Példaként említjük a Mátyás K—Zsámbék terület kutatását (4. ábra). Az első fúrás az MF—1 tervponton (Má—174) igazolta a barnakőszén jelenlétét. A további fúrások nem ragadtak le az első produktív fúrás környezetében, hanem a lehetséges É-i és D-i újabb perspektivikus területeket vizsgálták. Az MF—4 és az MF—4/a tervpont (Má—175 és Má—178 fúrás) a D-i medencealakulat meddő voltát bizonyították, míg az MF—2, —2/a, —2/b, —3, —5 tervpontok (Má—179, —180, —181, —183, —184 fúrások) felderítették a szénmező É-i sávját és K-i folytatását. Így vált lehetségessé, hogy az első 10 fúrás és a geofizikai adatok együttes értelmezésével a terület szénvagyonáról és annak elhelyezkedéséről már reális képet nyerhettünk.

A Mátyás K—Zsámbék területen 1979. októberétől a fúrásos kutatással párhuzamosan végeztük az előzetes fázis geofizikai méréseit. Ezek ismertetése során arra törekszünk, hogy a részletes fázisú geofizikai kutatás tervezését megalapozó, már az előzetes fázisban alkalmazott nagy felbontású geofizikai módszerek eredményeit mutassuk be. Alapvetően vonalmenti méréseket, egyenáramú térképező méréseket és — kísérleti jelleggel — területi szeizmikus méréseket végeztünk (lásd: 2.1 fejezet).

A területre jellemző irányokban alapszelvény-hálózatot jelöltünk ki, amely egyben a számítógépes Kutatás Információs Rendszer (KIR) szelvényhálózatát is képezi.

A KIR nyomvonalakon elsősorban szeizmikus reflexiós módszerrel és multi-frekvenciás elektromágneses szondázással (MFS) mértünk. A mérések ered-





**3. ábra.** Gravitációs maradék-anomália térkép a Mány K—Zsámbéki terület-ről

1 — a kutatási terület határa; 2 — meddő fúrás; 3 — barnakőszénre harántolt fúrás; 4 — tervezett geofizikai szelvény

**Fig. 3.** Residual gravity anomaly map of the area Mány(east)—Zsámbék  
1 — limits of the area of investigation; 2 — barren borehole; 3 — borehole hitting coal; 4 — planned geophysical profile

**Рис. 3.** Карта остаточных аномалий гравиметрии по области Мань—В—Жамбек

1 — пределы района разведки; 2 — непродуктивная скважина; 3 — скважина, проходившая толщу бурого угля; 4 — запланированный геофизический профиль



4. ábra. A triász időszaki medencealjzat domborzata az ELGI—MÁFI fúrás-javaslatával a Mány K—Zsámbéki területről

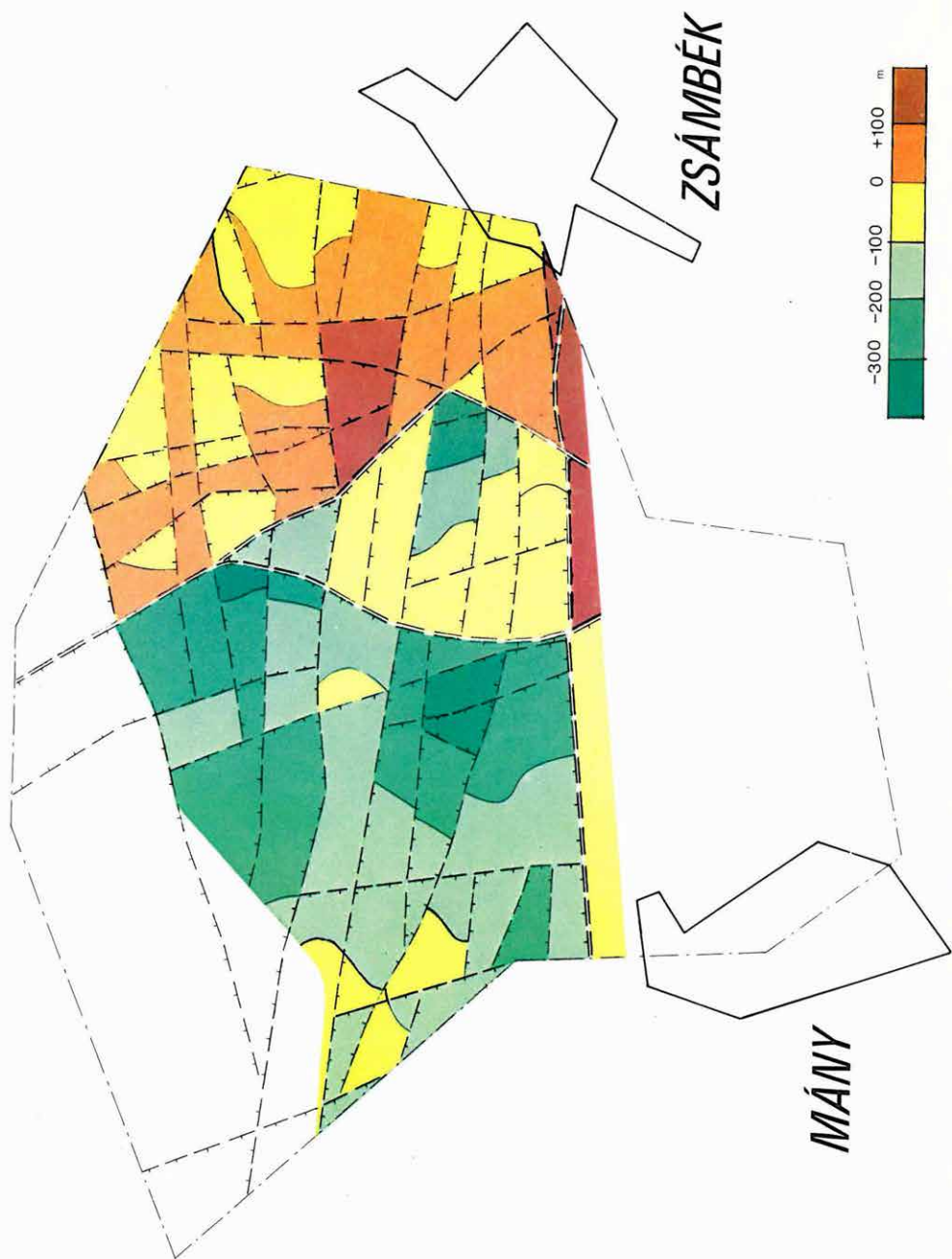
1 — javasolt fúrás; 2 — a lemélyült fúrás a produktivitás jelölésével

Fig. 4. Contour map of Triassic basement of the area Mány(east)—Zsámbék with borehole sites suggested by ELGI—MÁFI

1 — suggested borehole; 2 — realized borehole with classification productivity

Рис. 4. Рельеф основания триасового бассейна с указанием предложенных ЭЛГИ—МАФИ по бурению в области Мань-В—Жамбек

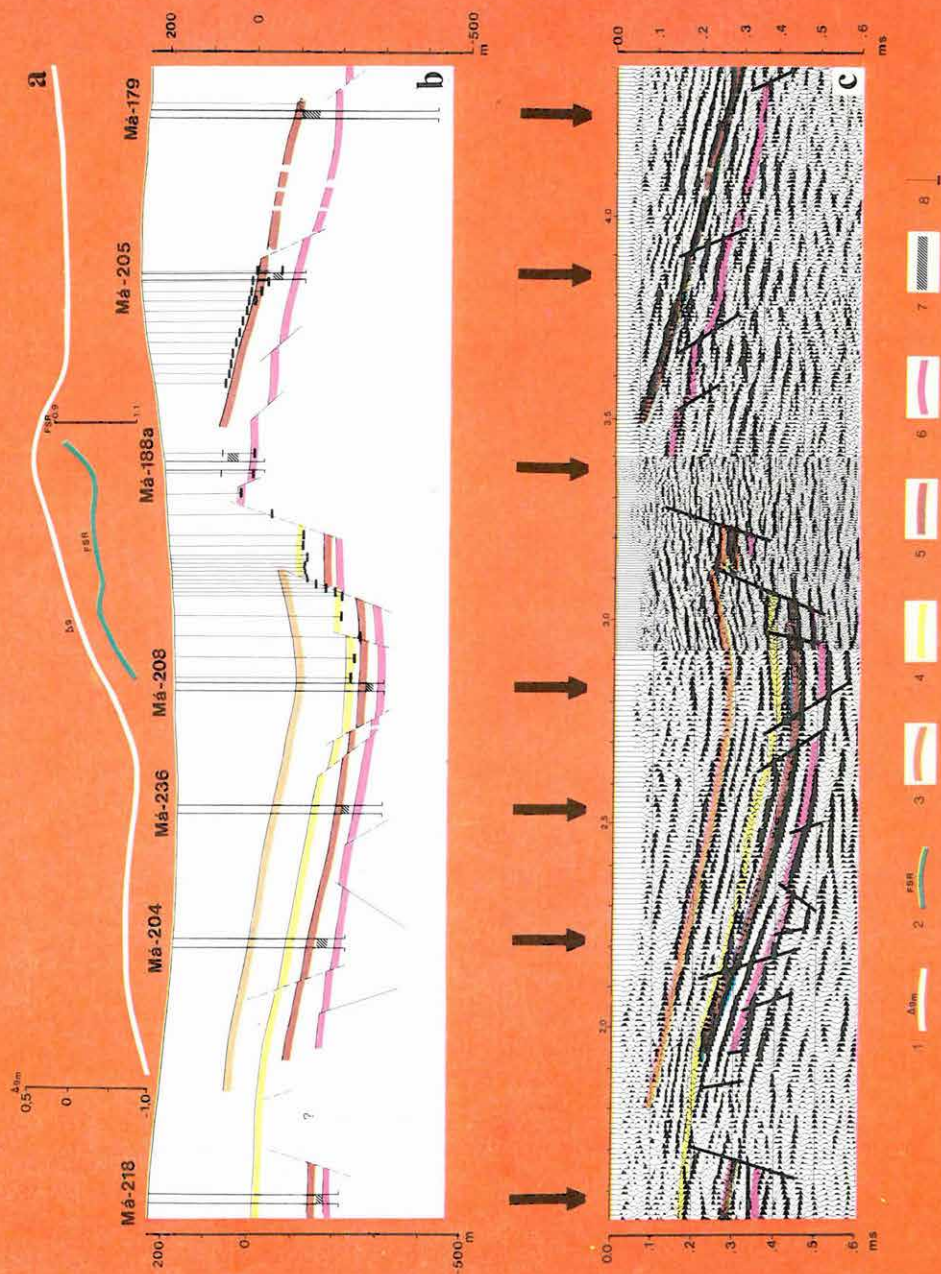
1 — предлагаемая скважина, 2 — пробуренная скважина с указанием продуктивности



5. ábra. Az alaphegység tektonikai térképe a Mány K—Zsámbéki területről

Fig. 5. Tectonic map of the basement of the area Mány(east)—Zsámbék

Рис. 5. Тектоническая карта фундамента области Мань-В—Жамбек





6. ábra. K—7 geofizikai szelvény és földtani értelmezése

- a) Geofizikai paraméter szelvények
- b) Geofizikai adatok alapján szerkesztett földtani szelvény
- c) Migrált reflexiós időszelvény

1 — gravitációs maradék-anomália; 2 — TURAM elektromágneses szelvényezés amplitúdó-hányadosa (FSR); 3 — miocén tufaszint; 4 — az oligocén felszíne; 5 — az eocén felszíne; 6 — a triász alaphegység felszíne; 7 — kőszenes összlet

Fig. 6. Geophysical profile K-7 and its geological interpretation

- a) Profile of geophysical parameters
- b) Geological cross section constructed from geophysical data
- c) Migrated reflection time section

1 — residual gravity anomaly; 2 — amplitude ratio (FSR) of TURAM EM profiling; 3 — Miocene tuff horizon; 4 — surface of Oligocene; 5 — surface of Eocene; 6 — surface of Triassic basement; 7 — coal-bearing formation

Рис. 6. Геофизический разрез К—7 и его геологическая интерпретация

- a) разрез геофизических параметров
- b) геологический разрез, составленный на основе геофизических данных
- c) мигрированный сейсмический временной разрез

1 — гравиметрическая остаточная аномалия, 2 — отношение амплитуд электромагнитного профилирования по методу ТУРАМ (FSR); 3 — горизонт миоценового туфа; 4 — поверхность олигоцена; 5 — поверхность эоцена; 6 — поверхность триасового фундамента; 7 — угленосная толща

ményeit a megelőző geofizikai mérések újraértelmezett adataival együtt, geofizikai paraméter szelvényeken ábrázoltuk. A Mátyás K—Zsámbék kutatási területen 9 KIR szelvényt készítettünk.

A geológus és geofizikus szakemberek közös munkája az alaphegység tektonikai térképe is (5. ábra). A térképszerkesztés alapját a KIR szelvények képezték, de felhasználtuk az összes egyéb geofizikai adatot, pl. a paraméter térképeket, a fúrásokban észlelt vetők helyzetét és sok más földtani megfontolást.

Az alkalmazott geofizikai módszereket a K—Ny irányú K—7 szelvényen mutatjuk be (6. ábra). A szelvény a Zsámbék D-i szénmező tengelyvonalaiban van. A korábban ismert mátyási szénmezőből indul ki és Zsámbék községnél végződik. A szelvény felső részén a paraméter jellegű geofizikai adatok közül az áttekintő gravitációs mérésből kapott maradék-anomáliát ( $\Delta g_m$ ) és a TURAM rendszerű elektromágneses szelvényezés eredményeit (FSR) ábrázoltuk. A szelvény középső részén a reflexiós határfelületeket és az MFS mérések eredményeit mélység helyesen ábrázoltuk. Az ábra alsó sorában megadjuk a reflexiós migrált időszelvényt. A migrált időszelvényen négy, földtanilag is azonosítható, jellemző reflexiót követtünk. Lila színnel a triász időszak medencealját, barna színnel az eocén, sárga színnel az oligocén összlet felszínét jelöltük. Narancssárga színnel a miocén belüli tufaszintet ábrázoltuk.

A vetők meghatározása a következő elvek alapján történt:

- a töréseket jelző diffrakciók minimumpontjainak meghatározása az időszelvényen;
- pontosítás a migrált időszelvényen;
- szintmegszakadások vizsgálata;
- hirtelen dőlésváltozások nyomozása;
- szeizmikus jelleg (amplitúdó, frekvencia) követése szintmegszakadás után.

A szelvényszakasz közepén a nagy vető előterében az oligocén és miocén rétegösszleteket a reflexiós szelvényen megbízhatóan kijelölhetjük. Uralkodóan eocénnél idősebb törések jellemzik ezt a szakaszt, következésképpen itt a széntelepes összlet nyugodt, de dőlt településű.

A nagy vetőt optimális frekvencián mért elektromágneses szelvényezéssel (FSR görbe) vizsgáltuk. Az anomália-menet felhívta a figyelmet a vető kétlépcsős voltára. A vetők pontos helyének és ugrómagasságának meghatározására újra mértünk frekvenciaszondázással és reflexiós módszerrel.

A Ma—188 és Ma—179 fúrás közötti szakasz vizsgálatára a robbantásos szeizmika számára kedvezőtlen közelfelszíni geológiai viszonyok miatt (szarmata mészkő) MFS mérésekkel kiegészített vibroszeiz méréseket végeztünk. A bemutatott vibroszeiz szelvényszakasz (a reflexiós szelvény jobb oldali része) jelzi a nyugodt településű rétegek erőteljes K-i irányú dőlését. Az MFS mérésekkel az eocén—oligocén határ egyértelműen nyomozható.

Az I. táblázatban összefoglaltuk azon fúrások adatait, amelyek telepítéséhez a geofizikai eredményeket felhasználtuk.

|                       | 1   | 2  | 3  | 4   | 5 [%]   |
|-----------------------|-----|----|----|-----|---------|
| 1978.                 |     |    |    |     |         |
| Mány K—Zsámbék        | 9   | 5  | —  | 4   | ± 15    |
| Héreg—Tarján          | 24  | 9  | 9  | 6   | ± 17    |
| Bajna                 | 15  | 5  | 3  | 7   | ± 20    |
| Köztes területek      | 31  | 2  | 1  | 28  | ± 13    |
| 1978. $\Sigma$ :      | 79  | 21 | 13 | 45  | ± 15,77 |
| 1979.                 |     |    |    |     |         |
| Mány K—Zsámbék        | 27  | 14 | 3  | 10  | ± 15    |
| Héreg—Tarján          | 18  | 7  | —  | 11  | ± 19    |
| Bajna                 | 11  | 2  | 2  | 7   | ± 15    |
| Köztes területek      | 11  | —  | 3  | 8   | ± 8     |
| 1979. $\Sigma$ :      | 67  | 23 | 8  | 36  | ± 14,92 |
| 1980.                 |     |    |    |     |         |
| Mány K—Zsámbék        | 44  | 27 | 4  | 13  | ± 16    |
| Tarján                | 10  | 6  | —  | 4   | ± 14    |
| 1980. $\Sigma$ :      | 54  | 33 | 4  | 17  | ± 15,6  |
| 1981.                 |     |    |    |     |         |
| Mány K—Zsámbék        | 10  | 5  | —  | 5   | ± 17    |
| 1978—1981. $\Sigma$ : | 210 | 82 | 25 | 103 | 15,51   |

I. táblázat A fúrási adatok összehasonlítása az előzetes geofizikai adatokkal

1 — a geofizikai eredmények alapján mélyített összes fúrás száma; 2 — barnaköszénre produktív fúrások száma; 3 — nem ipari köszént harántolt fúrások száma; 4 — barnaköszénre meddő fúrások száma; 5 — a harmadidőszaki medencealjzat geofizikai módszerekkel meghatározott mélységeinek eltérése a valódi értéktől (átlagos relatív hiba és ezek egy évre vonatkoztatott súlyozott átlaga)



*Table 1. Comparison of borehole data with preliminary geophysical data*

1 — total number of boreholes drilled after the geophysical survey; 2 — number of boreholes hitting brown coal; 3 — number of boreholes hitting brown coal of non industrial value; 4 — number of barren boreholes; 5 — difference in basement depth between geophysical and borehole data (relative mean error and their weighted average for a year)

*Таблица 1. Сопоставление данных бурения с предварительным геофизическими данными.*

1 — количество скважин, пробуренных на основании геофизических результатов; 2 — количество продуктивных скважин, пробуренных на бурый уголь; 3 — количество скважин, проходящих непромышленные залежи угля; 4 — количество непродуктивных скважин, пробуренных на бурый уголь; 5 — отклонение глубин залегания третичного основания бассейна, определенных геофизическими методами, от истинных значений (средние относительные погрешности и их взвешенная средняя, отнесенная к одному году)

A táblázat adatainak értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a fúrások telepítésénél a feladat a maximális mennyiségű földtani információ szerzése volt. Ez a cél gyakran kívánta meg várhatóan meddő fúrások telepítését (szénmező lehatárolása), és nem engedte meg azt, hogy a fúrásokat a geofizikai adatok alapján a legperspektivikusabb helyekre tűzzük ki.

Végül ismét fel kell hívnunk a figyelmet a Kutatás Információs Rendszerre, amelynek egészét e kutatási program során dolgoztuk ki (1979. Évi Jelentés). A software és hardware oldal folyamatosan bővült, részben a kutatás során felmerült igényeknek, részben a technikai—anyagilag lehetőségeknek megfelelően. A rendszer jelenlegi állapotát a 2.2.3 fejezetben ismertetjük. A példaként bemutatott ábrák között (81. ábra) szerepel a Mátyásfüred—Zsámbéki terület eocén korú dolomitörmelékének vastagsági térképe is. A számítógépes szerkesztés a fúrások és a KIR szelvények alapján történt.

A gerecsei KIR adatrendszer jelenleg is tartalmazza a területre eső fúrások, KIR szelvények és földtani kibúvások alapadatait. Ez az adatrendszer, és az ebből levezetett földtani információk (szintek vagy rétegösszletek vastagsági térképei, földtani ásványvagyon készletek stb.) a terület további kutatásához már rendelkezésre állanak.

#### *Nagy felbontóképességű szeizmikus reflexiós mérés a szénkutatás termelési fázisában\**

A Tatabányai Szénbányák megbízásából reflexiós módszerrel mértünk a Mátyásfüred Bányászati tervezett főfeltáró vágata felett. Feladatunk az volt, hogy meghatározzuk a széntelepesség összletet harántoló vetők helyét és az elmozdulások méretét. A mérést 12-szeres fedéssel és 5 m-es geofonbázisközzel végeztük. A feldolgozás R—35 számítógépen, az SzCSz—3 programrendszerrel történt.

\* Jánvári J., Majkuth T., Petrovics I.



A mérés eredményét energia szerint színezett, földtanilag értelmezett, migrált időszelvény formában mutatjuk be (7. ábra). Az értelmezéshez a szelvény nyomvonalába eső Má—106 és Má—250 sz. fúrás adatait használtuk fel. A szelvény alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- a triász időszaki dolomit — a szelvény D-i, erősen tektonizált részétől eltekintve — jó energiájú, határozott reflexiós felületként és jellemző frekvenciával (50 Hz) jelentkezik;
- D-i irányból a fővetőig reflexiós vezérszintként értelmezhető az alveolinás mészkőösszet;
- 60—70 Hz frekvenciájú, jellemző reflexió képezi le az eocén és oligocén korú képződmények határát.

A szerkezeti elemek vizsgálata szempontjából egyértelműen meghatározható a fővető (sávozással jelölve), amely a szelvényt két szerkezeti egységre osztja. A D-i részen (a felvetett szárnyon) a szerkezeti kép az előzetesen ismert-hez képest bonyolultabb. A kezdeti szakaszon (a 2<sup>00</sup> környezetében) vetőkkel határolt kisebb magasrög van a harmadidőszaki medencealjatban. A magasrögön és annak környezetében az erős tektonizáltság hatására a szintkövetetőség és a vetők kijelölése kevésbé megbízható.

A Má—106 fúrástól a fővetőig a szerkezeti kép világosan kirajzolódik. Az oligocénnél idősebb képződmények süllyedő tendenciát mutatnak.

Az É-i részen elhelyezkedő, levett szárnyon a triász időszaki képződmények felszíne fiatalabb és idősebb törések mentén D-i irányban lépcsőzetesen süllyed.

A nagy felbontású reflexiós mérés eredményeként megállapítható, hogy a tervezett fővágat harántolja a fővetőt és a tektonizált D-i részen több vetőn is áthalad. A szelvény kezdeti szakaszán a triász képződmények felszínét veszélyesen megközelíti.

#### *Eocén barnakőszén-kutatás\**

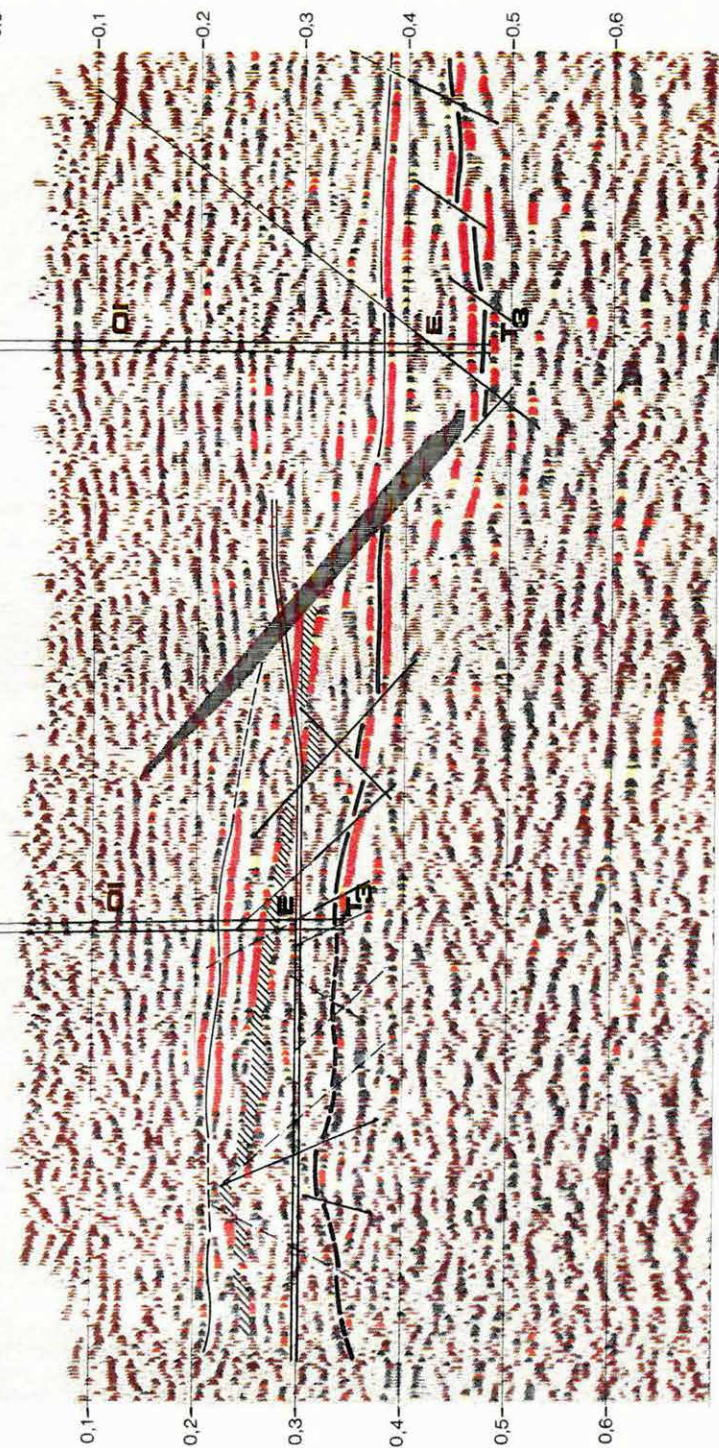
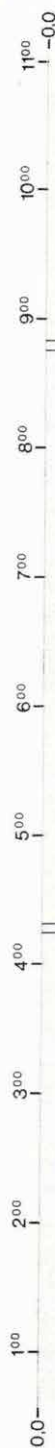
A Dunántúli-középhegységben MÁFI—ELGI együttműködés keretében több területen végeztük az eocén barnakőszén előkutatását. A geofizikai mérések azon a három területen folytak, ahol az előző évben a geofizikai előkészítő mérések már befejeződtek.

A Lencse-hegy III É-i és a Lencse-hegy III D-i medencéket kiemelt gerincként választja el a Lencse-hegy II bányaterület, amelyet sem É-on, sem D-en nem határoltunk le. 1982-ben mindkét medencében 150 méteres szabályos négyzethálóban gravitációs méréseket végeztünk. A gravitációs maradék-anomália térképek alapján 1983-ban szeizmikus reflexiós mérést és multifrekvenciás elektromágneses szondázást tervezünk. A geofizikai előkészítés alapján, a Dorogi

\* Majkuth T., Rezessy G., Táboroszi Gy.

Ma-106

Ma-250





7. ábra. A mányi szénmedencében mért MSZ—5/82 migrált reflexiós időszelvény

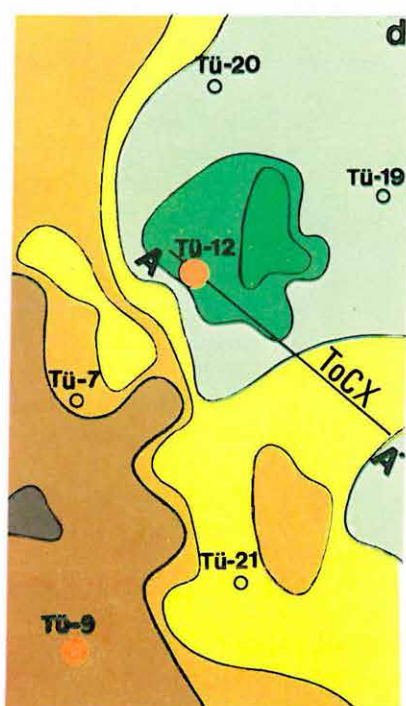
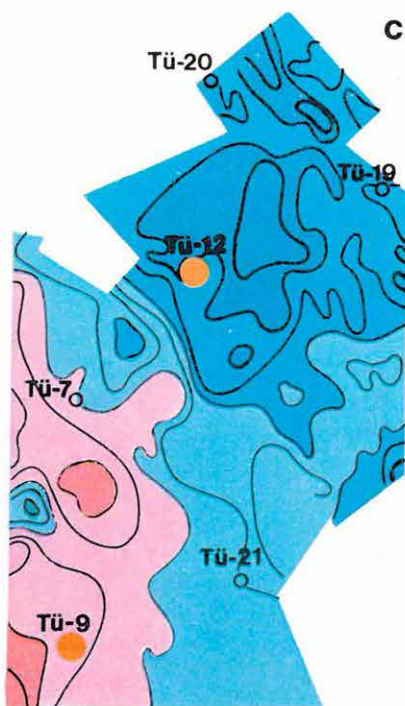
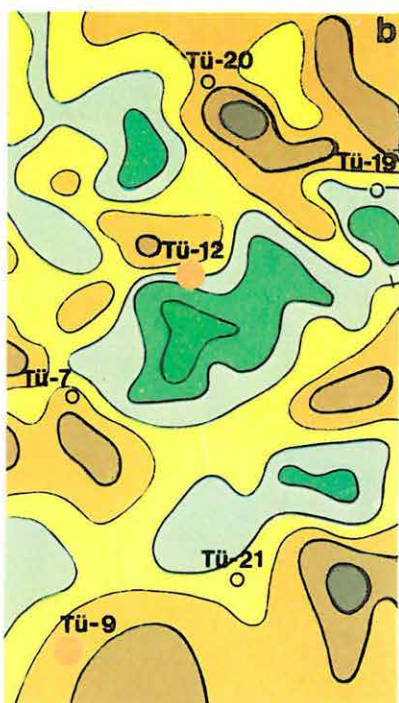
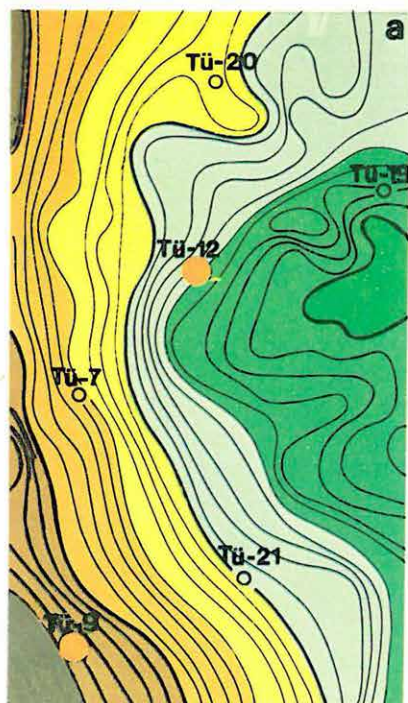
1 — eocén felszíne; 2 — alveolinás mészkő (E); 3 — triász képződmények felszíne; 4 — fővető; 5 — vető (csökkenő megbízhatóság szerint); 6 — fővágat

Fig. 7. Migrated reflection time section MSZ—5/82 from the Máty coal basin

1 — surface of Eocene; 2 — alveolina limestone (E); 3 — surface of Triassic basement; 4 — main fault; 5 — faults (with decreasing reliability); 6 — main tunnel

Рис. 7. Мигрированный временной разрез отраженных волн MSZ—5/82, замеренный в Маньском угольном бассейне

1 — поверхность эоцена; 2 — алвеолиновый известняк (E); 3 — поверхность триасовых формаций; 4 — основной сброс; 5 — сбросы (по убывающей надежности); 6 — главный штрек



1 ●

2 ○

3 —



8. ábra. Bauxitkutatás, Tükröspusztá

- a) Bouguer-anomália térkép
- b)  $g_{zz}$  (maradékanomália) térkép
- c) Átlag vezetőképesség ( $\tilde{S}$ ) térkép
- d) A triász aljzat mélységtérképe

1 — bauxitot harántoló fúrás; 2 — meddő fúrás; 3 — elektromágneses frekvenciasondázási (MFS) szelvény

Fig. 8. Bauxite exploration, Tükröspusztá

- a) Bouguer anomaly map
- b)  $g_{zz}$  (residual anomaly) map
- c) Average conductivity ( $\tilde{S}$ ) map
- d) Contour map of Triassic basement

1 — borehole hitting bauxite; 2 — barren borehole; 3 — multifrequency electromagnetic profile

Рис. 8. Разведка на бокситы, Тюкрёшпуста

- a) — карта аномалий Буге
- b) — карта остаточных аномалий ( $g_{zz}$ )
- c) — карта средней проводимости ( $\tilde{S}$ )
- d) — карта глубин основания триасового бассейна

1 — скважина, пересекающая боксит; 2 — непродуктивная скважина; 3 — разрез электромагнитного частотного зондирования (МЧЗ)

Szénbányával egyeztetett terv szerint 1983-ban sor kerül az első kutató fúrások mélyítésére is.

A *Csetény-szápári* medencében folytattuk az előző évben megkezdett reflexiós méréseket, ezen kívül hálózat-kiegészítő gravitációs méréseket végeztünk. A medence felépítéséről egy jellemző szelvényt az 1981. Évi Jelentés 2. ábráján mutattunk be. Az előkutatás geofizikai mérései befejeződtek, a fázis lezárásához 5 fúrás lemélyítése szükséges.

### 1.1.2 Bauxitkutatás

#### *Bauxitkutatás Tükröspusztá körzetében\**

A Gerecse DK-i előterének földtani és geofizikai előkutatása keretében 1978-ban a tükröspusztai területen néhány kutató fúrást mélyítettek, amelyek közül kettő bauxitot, egy pedig széntelepet is harántolt. A produktív fúrások indokoltá tették a terület továbbkutatását, amely 1982-ben a Magyar Állami Földtani Intézettel közösen kezdődött meg.

A terület geofizikai kutatását hálózatos gravitációs méréssel kezdtük, amelynek célja a terület mélységviszonyainak és tektonikájának közelítő megismerése volt. A gravitációs mérések eredménye (Bouguer-anomália térkép, 8/a ábra) megmutatta, hogy a területen a triász medencealjzat K felé hirtelen mélyül, és egy öböl alakú gravitációs minimum Ny-i szélén van a Tü—12 fúrás, amely bauxitot és kőszenet harántolt.

A Gerecse DK-i előterének geofizikai előkutatásában igen fontos szerepet játszott a gravitációs módszer. A medencealjzat térbeli helyzetét és fizikai tulajdonságait legjobban mindig a maradék-anomália térképek szolgáltatták. Erre a területre is elkészítettük a Bouguer-anomália térkép különböző szűrőkkel történő feldolgozását.

Jó felbontást adott a  $g_{zz}$  jellegű szűrés (8/b ábra), amelynek minimumai és maximumai kisebb bemélyedésekkel és magasrögökkel hozhatók kapcsolatba, s ezáltal megkönnyítették a nagyobb felbontóképességű geofizikai mérések tervezését.

A potenciáltérképezés (PM) vezetőképesség-térképét a 8/c ábra mutatja. A földtani—geofizikai modell a fúrásokban mért karotázs szelvények adatai alapján kedvező a PM módszer számára, mert a vastag, közel azonos fajlagos vezetőképességű oligocén összlet alatt a csak foltokban található, nagyobb ellenállású eocén összlet többnyire olyan vékony, hogy ez a medencealjzat leképezését csak kis mértékben zavarja. Így a potenciáltérképezés eredménytérképe a medencealjzat mélységét tükrözi.

A 8/d ábrán látható mélységtérképet az említett geofizikai mérések, valamint

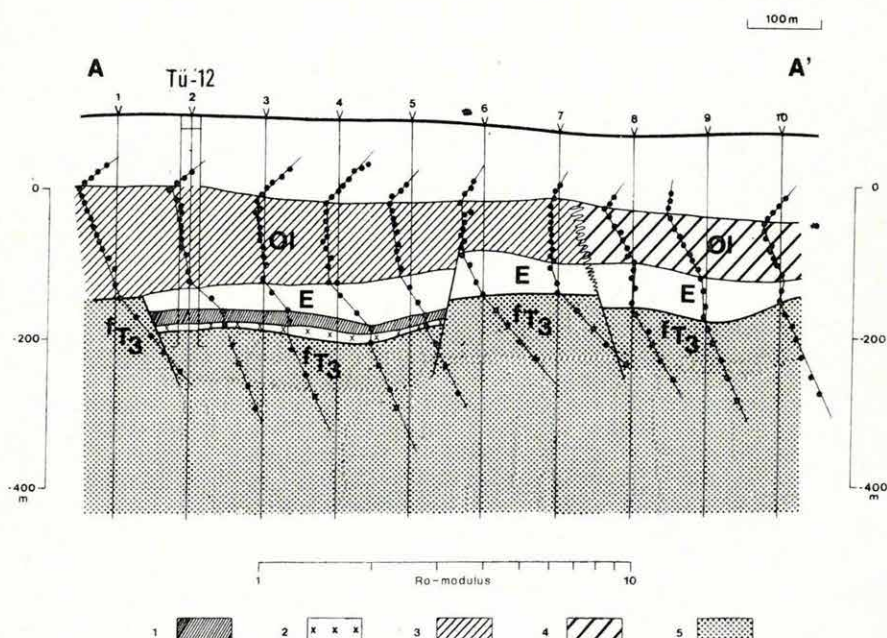
\* Farkas I., Lévy T., Rezessy G.

a területen korábban (szénkutató keretében) mért szeizmikus refrakciós szelvények és az 1982-ben mért elektromágneses frekvenciasondázások eredményeinek felhasználásával készítettük. A mélységtérképen több olyan triász időszaki aljzat-bemélyedés is látható, amelyek perspektivikusak a további bauxitkutatás számára.

A bauxitra és szénre egyaránt produktív fúráson dőlésirányban mért elektromágneses frekvenciasondázási szelvény a 9. ábrán látható.

Az elektromágneses mérés az oligocén összletet egy felső jólvezető és egy közepes ellenállású részre bontja. Az eocén összlet éles töréssel, nagyellenállású réteggént jelentkezik. Az eocén összlet alján közvetlenül kimutatható volt a széntelepés összlet és a bauxit, valamint ezek vető menti elterjedési határa.

A terület fúrásos továbbkutatására 1983-ban kerül sor.



9. ábra. Elektromágneses frekvenciasondázási szelvény a Tü-12 fúráson keresztül

1 — eocén széntelepés összlet; 2 — bauxit; 3—4 — oligocén homokos—márgás összlet; 5 — felső triász földolomit

Fig. 9. Multifrequency electromagnetic (MFS) profile across borehole Tü-12  
1 — Eocene coal-bearing formation; 2 — bauxite; 3 and 4 — Oligocene sandy-marly complex; 5 — upper Triassic dolomite

Рис. 9. Кривая электромагнитного частотного зондирования (ЭМЧ) по профилю, проходящему скважину Тü-12

1 — угленосная толща эоцена; 2 — боксит; 3—4 — песчано-мергелистая толща олигоцена; 5 — основной доломит верхнего триаса



A bakonyoszlopi területen 1969-től folyik geofizikai mérés, melyről a korábbi Évi Jelentésekben már többször beszámoltunk. 1983-ben az aranyosvölgyi medencében és a Csesznektől délre fekvő területen dolgoztunk és megkezdtük a fenyőfői bauxitelőfordulás DK-i előterének (Vinye Sándor major) geofizikai felmérését.

A vastag oligocén—alsó miocén Csatkai Formációval kitöltött aranyosvölgyi árok geofizikai kutatását gravitációs mérésekkel kezdtük, majd PM szelvényekkel és VES mérésekkel határoztuk meg a peremi vetők helyét és vizsgáltuk a medence belső tagolódását. A geofizikai mérések alapján mélyített fúrások tisztázták a medence mélységviszonyait és eredményük azt valószínűsíti, hogy a medencében számottevő vastagságú eocén összlet nem található.

A cseszneki, mintegy 3,5 km<sup>2</sup>-es kutatási terület földtani felépítése bonyolult. A triász aljzatot átmeneti, oszcillatív rétegsor alkotja (~200—500  $\Omega$ m), s csak a Kővölgy körzetében dolomitos az aljzat (>500  $\Omega$ m). Az eocén kifejlődése egészen változatos, a K-i részen a dolomit aljzatot vastag eocén mészkő fedi (150—300  $\Omega$ m), míg a terület többi részén a kibúvásokkal határolt, viszonylag kis horizontális kiterjedésű aljzatbemélyedésekben az eocén képződmények márgás (~20  $\Omega$ m), szenes—agyagos, ill. mészköves kifejlődésűek. A geofizikai mérések tervezésében és értelmezésében nehézséget okozott, hogy a triász és az eocén karbonátos összlet fajlagos ellenállása közel azonos.

A kutatást VLF- és potenciál-térképezéssel kezdtük, majd a VES mérések után a mélyebb területrészeken multifrekvenciás elektromágneses térképezést (MFM) és frekvenciaszondázást (MFS) végeztünk.

A mérésekkel párhuzamosan a geofizikai eredményekre támaszkodva folyt a terület fúrásos kutatása. A mérések értelmezéséhez így az 1982-ben mélyített kutató fúrások rétegsorait is felhasználtuk. Jól meghatározható volt a triász képződmények felszínének domborzata, lehatároltuk a kibúvásos területeket, a fúrással megkutatott bauxittároló szerkezeteket, valamint további perspektivikus aljzatbemélyedéseket ismertünk meg.

A 10. ábrán egy példát mutatunk be. Először VLF térképezéssel (a) határoztuk meg a várható szerkezeti irányokat és elkülönítettük azokat a helyeket, ahol a triász időszaki képződmények a felszínközelségben ( $h < 5$  m) vannak.

A VLF fáziskülönbség ( $\varphi_a$ ) térkép (b) alapján elkülönítettük a vastag eocén vagy oligocén üledékekkel kitöltött aljzatbemélyedéseket, mert  $\varphi_a < 45^\circ$  esetén a rétegsor kétréteges, a triász aljzatra egyrétegű, kisellenállású fedőösszlet települ; míg  $\varphi_a > 45^\circ$  arra utal, hogy a fedőösszlet legalább két eltérő ellenállású rétegből épül fel. A területen ilyen rétegsor az eocénnal, illetve oligocénnal kitöltött triász bemélyedésekre jellemző. A VLF térkép értelmezésénél fontos annak figyelembevétele, hogy a mért paraméter nagysága nagymértékben

\* Csathó B., Tóth Cs.



függ az adó irányától, és csak az adó irányára merőleges tengelyű szerkezeti kiemelkedéseket jelzi határozottan. A potenciáltérképezéssel (*c*) már csak az aljzatbemélyedések területét kutattuk.

A térkép alapján utolsó lépésként megszerkesztettük a triász aljzat mélység-térképét (*d*). A geofizikai anomáliákra telepített *A* és *B* fúrás eocén fedő alatt bauxitot harántolt és a *C* fúrásban is eocén összlet fedi a triászt. Az egyes paraméterek szelvénymenti változását és a fúrások alapján meghatározott földtani értelmezését ábrázolja az *e* szelvény. A fúrások alapján a szerkezet produktívnak bizonyult és így a mélységtérkép segítségével újabb tervpontok jelölhetők ki.

A területen mélyített kutatófúrásokon mért paraméterek alapján szerkesztett cross-plot bizonyítja, hogy a  $\varrho_{VLF}$  és  $S_{PM}$  paraméterek felhasználásával három típusú rétegsort tudunk elkülöníteni:

- a triász képződményekre közvetlenül kvarter fedő települ;
- a triász képződményeket eocén rétegsor fedi;
- a területen vastag oligocén fedő van (alatta eocén is lehet).

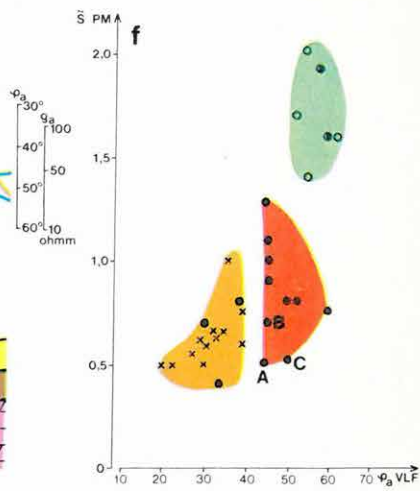
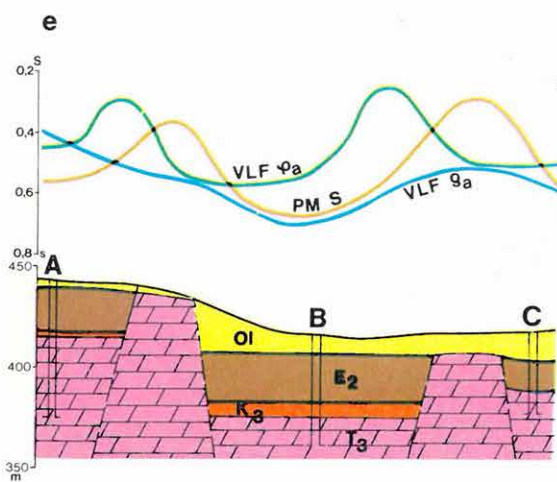
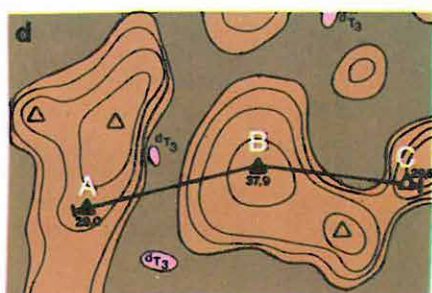
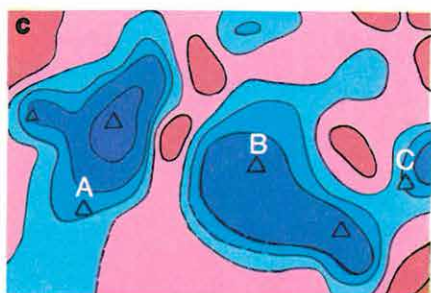
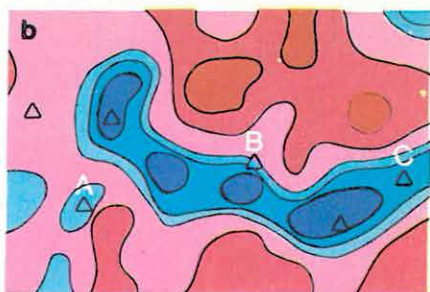
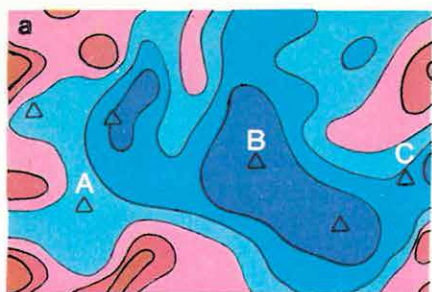
#### *Elektromágneses mérések felső kréta fekvőjű bauxittelepek kutatására\**

Nyírád körzetében a bauxit jelentős része nemcsak a felső triász karbonátos, hanem a felső kréta mészköves kifejlődésű (Ugodi Mészkő Formáció) rétegsor felszínéhez is kapcsolódik. Mivel a felső kréta mészkő jelentős területen a jelenlegi karsztvízszintnél kisebb mélységben van, az ilyen aljzatú „felső” bauxitszint vagyona viszonylag könnyen kitermelhető.

Az Ugodi Mészkő felszínének geofizikai kutatását megnehezíti, hogy egyrészt a kutatandó rétegsor fizikai paraméterei (határsebessége, fajlagos ellenállása) horizontálisan változnak, másrészt a fedő jelentős részét képező eocén rétegösszletben is előfordulnak nagy ellenállású és nagy határsebességű betelepülések, és horizontálisan a fedő sem homogén. Klasszikus módszerekkel (refrakciós szeizmikus mérések, VES) ezért nem kaptunk megfelelő felbontóképességű eredményt ezen a területen. (ELGI 1967. Évi Jelentés, 81. oldal; ELGI 1969. Évi Jelentés, 36. oldal). A fontos bauxitkutatási feladat megoldására 1982-ben kutatófúrásokon átmenő szelvények mentén kísérleti reflexiós és multifrekvenciás elektromágneses módszerrel mértünk. A reflexiós mérések előtt álló nehézség az elegendően nagy frekvenciájú rezgéskeltés volt, amellyel 150—250 m mélységtartományban is lehet felületeket követni. Az MFS mérések értelmezését a horizontális ellenállás-változások nehezítették.

Mind a reflexiós, mind az MFS mérésekkel biztató eredményeket kaptunk és a két módszer helyenként egymást kiegészíti. Például egy MFS szelvényrészletet mutatunk be (*11. ábra*), amelyen végig követhető a felső kréta összlet felszíne, és két vető is detektálható. Az eocén összletben levő geofizikai felületek már nem köthetők egyértelműen a rétegtani szintekhez, és ez az eocén

\* Kakas K.



1 ● 37,9 2 ○ 29,5 3 △ 4 dT<sub>3</sub> 5 6 7 8 9 10 ○ 11 ● 12 ● 13 ×

10. ábra. A Csesznek D-i terület geofizikai kutatása (részlet)

- a) VLF  $\varrho_a$  térkép
- b) VLF  $\varrho_{EH}$  térkép
- c) Vezetőkéesség-térkép ( $\tilde{S}$ )
- d) A triász aljzat mélységtérképe
- e) Geoelektromos szelvény a földtani értelmezéssel
- f) Vezetőkéesség—VLF fáziskülönbség crossplot

1 — produktív fúrás a triász aljzat mélységével; 2 — meddő fúrás a triász aljzat mélységével; 3 — geofizikai tervpont; 4 — triász kibúvás; 5 — triász aljzat felszínközelben ( $h < 5$  m); 6 — felszíntől számított mélységvonalak; 7 — VLF fáziskülönbség szelvény; 8 — vezetőképességszelvény; 9 — VLF ellenállásszelvény; 10 — fúrás oligocén fedővel; 11 — fúrás eocén fedővel; 12 — fúrás oligocén és eocén fedővel; 13 — fúrás csak kvarter fedővel

Fig. 10. Case history of the geophysical survey of the Csesznek(south) area

- a) VLF  $\varrho_a$  map
- b) VLF  $\varrho_{EH}$  map
- c) Conductivity map ( $\tilde{S}$ )
- d) Contour map of the Triassic basement
- e) Geoelectric cross section with geological interpretation
- f) Conductivity—VLF phase difference cross-plot

1 — productive borehole with depth to basement; 2 — barren borehole with depth to basement; 3 — suggested borehole based on geophysics; 4 — Triassic outcrop; 5 — Triassic basement in near-surface ( $h < 5$  m); 6 — depth isolines; 7 — VLF phase difference profile; 8 — conductivity profile; 9 — VLF resistivity profile; 10 — borehole with Oligocene above the basement; 11 — borehole with Eocene above the basement; 12 — borehole with both Oligocene and Eocene above the basement; 13 — borehole with Quaternary only above the basement

Рис. 10. Геофизическое исследование района Чеснек Ю (отрезок)

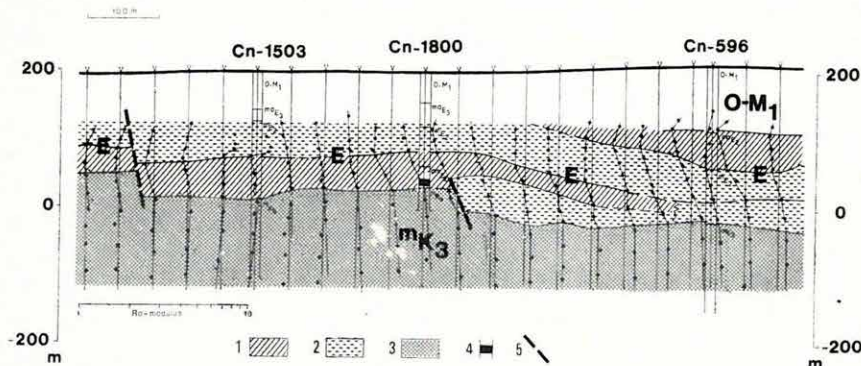
- a) — карта  $\varrho_a$  VLF
- b) — карта  $\varrho_{EH}$  VLF
- c) — карта проводимости
- d) — карта глубин триасового фундамента
- e) — геоэлектрический разрез с геологическим толкованием
- f) — кроссплот проводимости /расхождения фаз по VLF

1 — продуктивная скважина с глубиной триасового основания, 2 — непродуктивная скважина с глубиной триасового основания; 3 — планируемый геофизический пункт; 4 — выход триаса; 5 — триасовый фундамент вблизи поверхности ( $h < 5$  м); 6 — изолинии глубины от дневной поверхности; 7 — разрез расхождения фаз по VLF; 8 — разрез проводимости; 9 — разрез сопротивления по VLF; 10 — скважина с олигоценовой кровлей; 11 — скважина с эоценовой кровлей; 12 — скважина с олигоценовой и эоценовой кровлей; 13 — скважина только с четвертичной кровлей



összlet inhomogenitására utal. Az értelmezés érdekessége, hogy a szelvény bal oldalán levő legmagasabb blokkban az eocénhez képest a kréta szint nagy ellenállású (a töréspont jobbra törik); a két mélyebb blokkban az eocén összlet fajlagos ellenállása már nagyobb, mint a felső kréta összleté, a határfelület balra törő töréspontokkal jelölhető ki.

Az értelmezés a már elkészült kutatófúrások rétegsoraiból indult ki, de a kiértékelés után mélyített Cn—1800 fúrás eredménye igen jól igazolta a kréta felszínére megadott mélységet.



11. ábra. Elektromágneses frekvenciaszondázási szelvény a nyirádi felső bauxit-szint kutatására

1—2 — az eocén fedőösszlet különböző ellenállású rétegcsoportjai; 3 — felső kréta mészkő (Ugodi Mészkő Formáció) 4 — bauxit (fúrásban); 5 — MFS mérések korrelációjából feltételezett vető

Fig. 11. Multifrequency electromagnetic (MFS) profile for the exploration of the upper bauxite horizon of Nyirád

1 and 2 — Eocene layers of different resistivity; 3 — upper Cretaceous limestone (Ugod Limestone Formation); 4 — bauxite; 5 — fault determined by correlation of MFS curves

Рис. 11. Разрез ЭМЧ для разведки верхнего бокситового горизонта ок. с. Нирад

1—2 — группы слоев в эоценовой покрывающей толще с различными сопротивлениями; 3 — известняк верхнего мела (известняковая формация Угод); 4 — боксит (в скважине); 5 — сброс; предположенный по корреляции измерений МЧЗ

### Csordakúti részletes bauxitgeofizikai mérések\*

1982-ben a Tatabányai Szénbánya Vállalat megbízásából megkezdődött a csordakúti terület részletes földtani, geofizikai és fúrásos kutatása.

A kutatás irányítását a Csordakúti Munkabizottság végzi, amely a Tatabányai Szénbánya Vállalat (dr. Gerber Pál), a Bauxitkutató Vállalat (Szantner Ferenc), a Magyar Állami Földtani Intézet (Tóth Álmos), az Eötvös Loránd Tudományegyetem (dr. Végh Sándorné), a Központi Földtani Hivatal (Bartók András) és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet munkatársaiból áll.

\* Farkas I., Kelemen Z., Lévy T., Rezessy G.



A munkabizottság minden héten terepen találkozik, értékeli az elmúlt hét földtani, geofizikai és fúrási eredményeit és megtervezi a következő hét fúrásait és geofizikai szelvénytelepítéseit.

Az ELGI a Központi Földtani Hivatal megbízásából kísérleti geofizikai méréseket végzett a részletkutatás megkezdése előtt. Ezen a geofizikai szempontból akkor ismeretlen területen kísérleteztük ki azt a geofizikai mérési rendszert, amely a részletes kutatás feltételeinek megfelel mind költségében, mind gyorsaságában. E mérések eredménytérképe az akkor ismert bauxitlencsékkel és a perspektivikusnak ítélt területek feltüntetésével a *12/a ábrán* látható.

A geofizikai mérések alapján perspektivikusnak ítélt területek nagy részét a későbbi fúrások igazolták. Például a II. lencse ÉNy-i részén a bauxitlencse két korábban mélyített meddő fúrás között az említett irányban folytatódik.

A IV. lencse a bauxitot fedő eocén rétegösszlet nagy horizontális és vertikális változékonysága miatt (mészkö és márga) nehezebben volt prognosztizálható. A geofizikai mérések alapján a lencse Ny-i részén a triász képződmények felszíne hirtelen emelkedik. A felemelt Ny-i részen nem prognosztizáltuk a bauxitot, de a későbbi fúrások azt mutatták, hogy a bauxitnál fiatalabb tektonika okozta a triász képződmények felemelkedését, s így ott is megtalálható a bauxit.

A területen dolgozó geológus, geofizikus és fúrási szakemberek szoros együttműködése a nagy mennyiségű földtani és geofizikai adat lehetővé ill. szükségessé tette az adatok számítógépes tárolását, feldolgozását és megjelenítését (KIR).

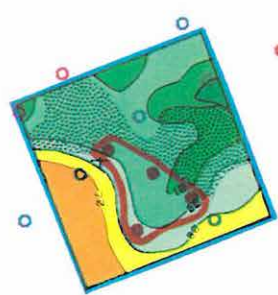
A triász képződmények tengerszintre számolt, számítógéppel szerkesztett mélységtérképe a *12/b ábrán* látható, amely az 1982-es év végi állapotnak felel meg. A *13/b ábrán* az előző mélységtérkép 3 D axonometrikus képe látható, amely megkönnyíti a bonyolult morfológiájú terület áttekintését. A *13/a ábrán* piros színnel jelöltük a triász képződményt azokon a helyeken, ahol azt bauxit fedi. Így a bauxit térbeli elhelyezkedése is jól látható.

A bauxitot tartalmazó fúrásokból kiindulva elektromágneses frekvenciaszondázó szelvényeket mértünk a lencsehatároló fúrástelepítés elősegítésére. A geofizikai adatok birtokában már lehetőség volt arra, hogy a korábbi merev fúrási hálózatot a bauxitlencse várható kiterjedéséhez rugalmasan igazítsuk, s ezáltal megkönnyítsük annak lehatárolását.

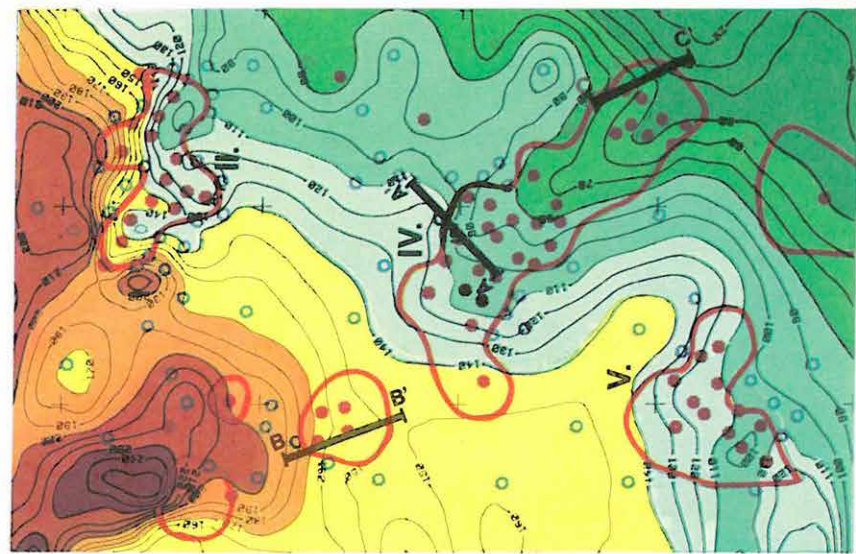
Három elektromágneses szelvényt mutatunk be példaként. Az *A—A'* szelvényen (*79. ábra, 2.2.3 fejezet*) egy vető mentén a bauxit kiemelődik. A szelvény érdekessége, hogy a bal oldali részén az elektromágneses frekvenciaszondázások kimutatták az eocén összletben meglevő fáciesváltozásokat, ehhez kapcsolódik a széntelepes összlet kiemelődése is.

A *B—B'* szelvényen (*14/a ábra*) az elektromágneses frekvenciaszondázások közvetlenül kimutatják a bauxitot, amely egy vető mentén feltételezhetően mélyebbre süllyed.

A *C—C'* szelvényen (*14/b ábra*) élesen látható az eocén összlet kiemelődése, és látható, hogy a bauxit egy tektonikusan preformált árokban helyezkedik el.



a



b

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

12. ábra. A triász aljzat felszíntől számított mélységterképe (Csordakút, bauxit-kutatás)

a) a kísérleti mérések (1978) után

b) a részletes mérések (1982) után

1 — a kísérleti mérések határa; 2 — produktív fúrás; 3 — bauxitindikáció; 4 — meddő fúrás; 5 — a bauxitlencse határa; 6 — elektromágneses frekvenciasondázási (MFS) szelvény;

Fig. 12. Contour map of the Triassic basement (Csordakút, bauxite exploration)

a) after reconnaissance survey (1978)

b) after detailed survey (1982)

1 — limits of reconnaissance survey; 2 — productive borehole; 3 — bauxite traces; 4 — barren borehole; 5 — limits of bauxite lens; 6 — multifrequency electromagnetic profile

Рис. 12. Карта глубин триасового основания от дневной поверхности (Чордакут, разведка на боксит)

a) после экспериментальных работ (1978 г.)

b) после детальных работ (1982 г.)

1 — граница экспериментальных геофизических работ; 2 — продуктивная скважина; 3 — проявление боксита; 4 — непродуктивная скважина; 5 — граница бокситовой линзы; 6 — разрез электромагнитного частотного зондирования (МЧЗ)



II. lencse

300

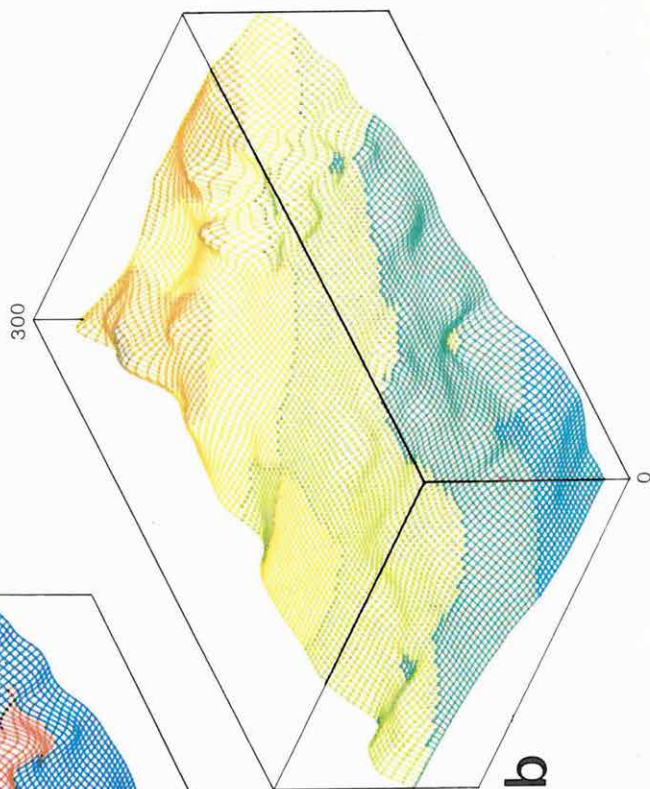
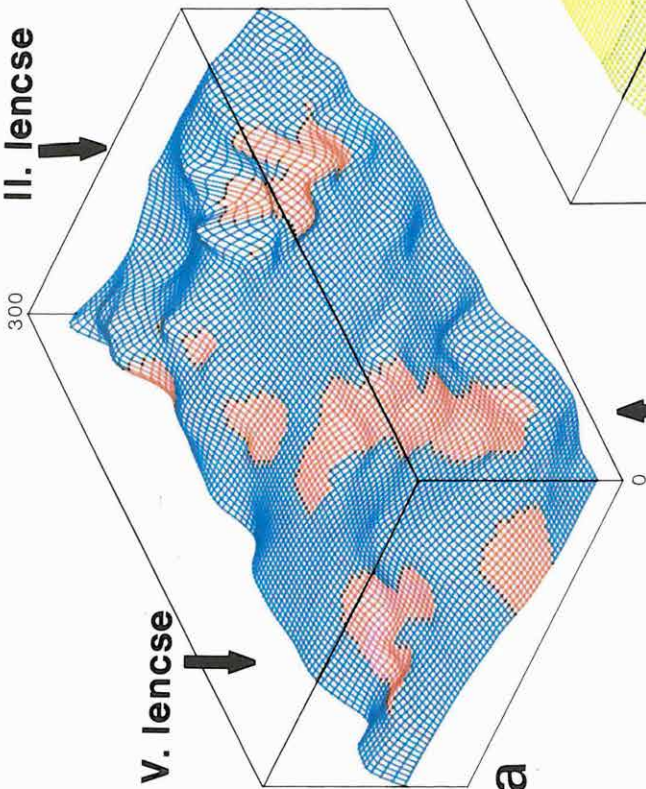
V. lencse

a

300

b

IV. lencse





13. ábra. A triász aljzat mélységterképének axonometrikus képe (Csordakút, bauxitkutatás)

- a) A bauxitlencsék helye pirossal színezve
- b) Mélység szerinti színezéssel

(tszf. magasságok s.barna: >200 m; barna: 200—175 m; okker: 175—150 m; zöld: 150—125 m; s.zöld: 125—100 m; kék: < 100 m)

Fig. 13. Axonometric view of the contour map of Triassic basement (Csordakút, bauxite exploration)

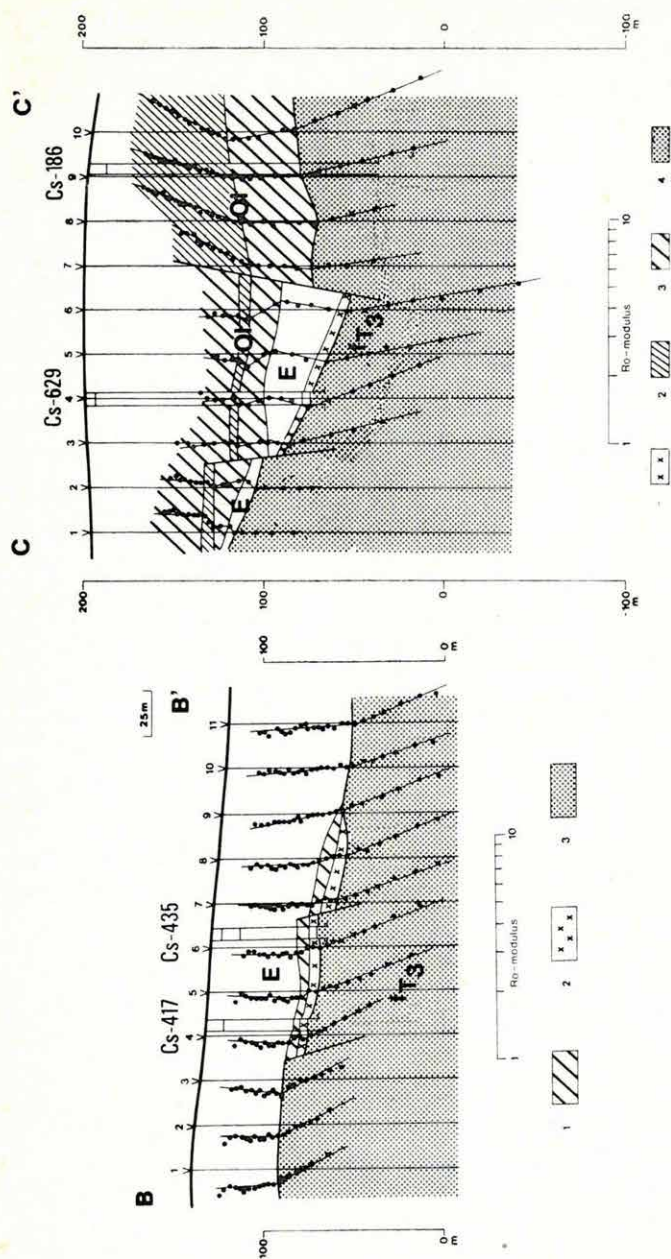
- a) Location of bauxite marked by red
- b) Colouring according to depth

(depth ranges above sea level: dark brown >200 m; brown 200—175 m; ochre 175—150 m; green 150—125 m; dark green 125—100 m; blue < 100 m)

Рис. 13. Аксонометрическая картина карты глубины триасового основания (Чордакут, разведка на боксит)

- a) местонахождение бокситовых линз, окрашенных красным цветом,
- b) глубина триасового основания с оттенками по глубине

(высоты над уровнем моря: коричневый: >200 м, бурый: 200—175 м, желтый: 175—150 м, зеленый: 150—125 м, желто-зеленый: 125—100 м, синий: < 100 м)



14. ábra. Elektromágneses frekvenciaszondázási szelvények (Csordakút, részletes mérések)

BB' szelvény: 1 — eoén kőszéntelepes rétegcsoport; 2 — bauxit; 3 — triász földolomit

CC' szelvény: 1 — bauxit; 2—3 — az oligocén fedő különböző fallagos ellenállású rétegcsoportjai; 4 — triász földolomit

Fig. 14. Multifrequency electromagnetic profiles for detailed bauxite exploration (Csordakút)

Profile BB': 1 — Eocene coal-bearing formation; 2 — bauxite; 3 — upper Triassic dolomite

Profile CC': 1 — bauxite; 2 and 3 — Oligocene layers of different resistivity; 4 — upper Triassic dolomite

Рис. 14. Разрезы ЭМЧ (детальные работы ок. с. Чордакут)

сечение BB': 1 — угленосная толща эоцена; 2 — боксит; 3 — триасовый основной доломит

сечение CC': 1 — боксит; 2—3 — группы слоев в олигоцене покрове с различными удельными сопротивлениями; 4 — основной доломит триаса

Az Aggtelek-Rudabányai hegységben, valamint a Közép- és Nyugat-Mátrában folytatódott a MÁFI által irányított földtani kutatás, a KFH 1981. júliusi határozatában foglalt feladatok megoldására. A terveknek megfelelően 1982 is inkább az adatgyűjtés éve volt; az eredmények összefoglalása, szintézise a későbbi évek feladata lesz. A geofizikai kutatás számára azonban nemcsak a mérések során nyert adatok földtani értelmezése jelent problémát — ami a rendkívül bonyolult felépítésű területeken önmagában véve sem könnyű feladat — hanem a mérések, az adatok feldolgozása során is sok módszertani nehézségen kellett és kell a jövőben is úrrá lennünk.

### 1.2.1 Érc előkutatás a Közép- és Nyugat-Mátrában\*

1982-es kutatásaink legfontosabb módszertani újdonságai:  
— áttérünk a gravitációs adatok számítógépes feldolgozására; ezt indokolja egyrészt az, hogy az évi több ezer mérés kartografikus korrekcióját a hagyományos módon képtelenség lett volna meghatározni, másrészt csak így van lehetőség további vizsgálatok (korrekciók, szűrések stb.) elvégzésére;  
— a tervezett szeizmikus mérések végrehajtása során lehetőségünk nyílt egy újabb felszíni rezgéskeltési eljárás kipróbálására a Mátrában: a reflexiós szelvények egy részét — az ELGI külföldi expedíciós tevékenysége miatt — a Geofizikai Kutató Vállalat mérte légágyús (air gun) rezgéskeltéssel.

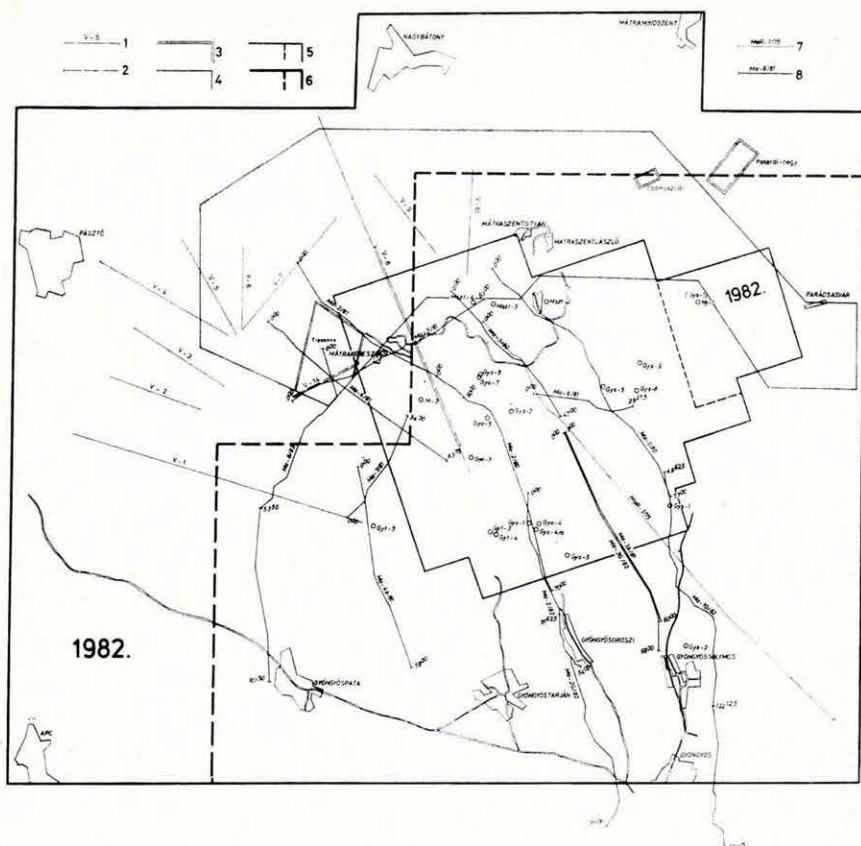
#### *Gravitációs hálózatkiegészítő mérések és adatfeldolgozás*

A hálózatkiegészítő méréseket 1982-ben a 15. ábrán jelölt minthegy 200 km<sup>2</sup>-nyi területen végeztük el. A pontsűrűség a korábbi évekhez hasonlóan 16 (a központi területen), illetve 10 (a peremeken) állomás/km<sup>2</sup> volt. Ezzel majdnem teljesen befejeződött a kutatási terület (~460 km<sup>2</sup>) gravitációs felmérése. Már csupán néhány, a szokásos módon fel nem mérhető (gépkocsival járhatatlan

\* Csörgei J., György L., Havas L., Madarasi A., Nagy G. (MÁFI), Schönviszky L., Taba S., Verő L.



hegyvidék, topográfiai támpontok híján külön geodéziai mérést igénylő) területén kell a hálózatot egyenletessé tenni.



15. ábra. A Közép- és Nyugat-Mátrában 1980. óta végzett geofizikai mérések és földtani bejárások vázlatos helyszínrajza

1 — VES szelvény; 2 — VES—MFS szelvény; 3 — ellenállás- és mágneses szelvényezés területe; 4 — földtani bejárások területe; 5 — átnézetes GP mérések területe (szaggatott vonallal jelölve az 1982. évi, közép-mátrai terület); 6 — gravitációs hálózatkiegészítés területe (szaggatott vonallal jelölve az 1982. évi terület); 7 — refrakciós vonal; 8 — reflexiós vonal

Fig. 15. Location map of geophysical surveys and geological mapping carried out since 1980 in the Central and Western Mátra Mts.

1 — VES profile; 2 — VES—MFS profile; 3 — area of resistivity and magnetic profiling; 4 — area of geological mapping; 5 — area of regional IP survey (area of the 1982 survey is marked by dashed line); 6 — area of gravity survey (area of the 1982 survey is marked by dashed line); 7 — refraction seismic profile; 8 — reflection seismic profile

Рис. 15. Схема местности геофизических работ и геологических преамбуляций, проведенных в средней и западной частях гор Матра с 1980 года

1 — кривая ВЭЗ; 2 — кривая ВЭЗ—МЧЗ; 3 — район зондирования по методу сопротивления и магнитных зондирования; 4 — район геологических преамбуляций; 5 — район рекогносцировочных работ ВП (пунктиром показан район работ в 1982 г. в средней части гор Матра); 6 — район дополнения гравиметрической сети (пунктиром показан район работ в 1982 г.); 7 — линия сейсморазведки МПВ; 8 — линия МОВ



A Közép- és Nyugat-Mátrából hatalmas gravitációs adattömeg (mintegy 5800 állomás) áll rendelkezésünkre. A feldolgozás, elsősorban a kartografikus korrekció számítása, ezen belül is a szükséges topográfiai adatok kiolvasása igen munkaigényes. Bár az új, számítógépes módszernél is meg kell határozunk az egész mérési területen, illetve annak igen széles környezetében  $100 \times 100$  m-es négyzetek átlagmagasságát, ez azonban még mindig kisebb adatt mennyiség (mintegy félmillió adat), mint amit a hagyományos topografikus korrekció kívánna meg. Sokkal fontosabb azonban az, hogy a most feldolgozott területen a jövőben elvégzendő, bármilyen célú gravitációs mérés korrekciója már gyorsan elvégezhető.

Jelenleg párhuzamosan folyik a számítógépes programok összeállítása és a topográfiai adatok kiolvasása, lyukkártyán való rögzítése, ellenőrzése. Ezek a munkák még nem fejeződtek be, így a terület Bouguer-anomália térképét nem tudjuk közölni (az 1980. évi mérési terület Bouguer-anomália térképe az 1981. Évi Jelentés 15. ábráján látható).

### *Szeizmikus mérések*

1980 óta szeizmikus reflexiós mérésekkel (helyszínrajz a 15. ábrán) kutatjuk a Közép- és Nyugat-Mátra szerkezetét, földtani felépítését, hogy körvonalazzuk a vulkánszerkezeti egységeket és ezzel elősegítsük a színesércesedés szempontjából perspektivikus objektumok kijelölését és lehatárolását. Korábban mért szelvényeink D-i irányban való meghosszabbításával a hegységperem szerkezetének vizsgálata volt a célunk.

A szelvények jelentős hányada a Mátrában 1980-ban bevezetett vibroszeiz eljárással készült, három szelvényt azonban (Ma—1G/82, Ma—2G/82 és Ma—3G/82) a GKV légágyus rezgéskeltéssel mért (robbantás a Mátrában természetvédelmi szempontok miatt tilos). Az újabb felszíni rezgéskeltési eljárás kipróbálása érdekes módszertani eredményeket is adott.

Összehasonlítás céljából a Ma—3b/81 szelvénnel azonos nyomvonalon jelöltük ki a Ma—3G/82 szelvényt. A két migrált mélység-szelvény a 16. és 17. ábrán látható. A bádeni felső andezit (lásd később a „Földtani bejárások” című részben) mintegy 500 m vastag összlete — az eddigi tapasztalatoknak megfelelően — jobb felbontással jelentkezik a vibroszeiz szelvényen. A MaR—1/75 refrakciós szelvény (az 1975. Évi Jelentés 14. ábrája) — 1000—2000 m mélységintervallumban futó, aljzatként értelmezett szintje reflexiós határfelületként is megtalálható a szelvényeken. A két módszer eltérő horizontális felbontóképességéből adódóan a folytonos refrakciós határfelület a reflexiós képben töredezetten jelentkezik, feltehetően a valóságot jobban tükrözve. A folytonos szintek kialakulásának hiányát emellett okozhatja az is, hogy a szelvény igen közel halad egy vetőzónához, de a topográfiai körülmények csak itt engedték meg a nyomvonal kitűzését. A két szelvényben a szerkezeti formák képe





*16. ábra.* VIBROSEIS rendszerrel mért Ma—3b/81 migrált reflexiók mélység-szelvény (szűrés 10—40 Hz)

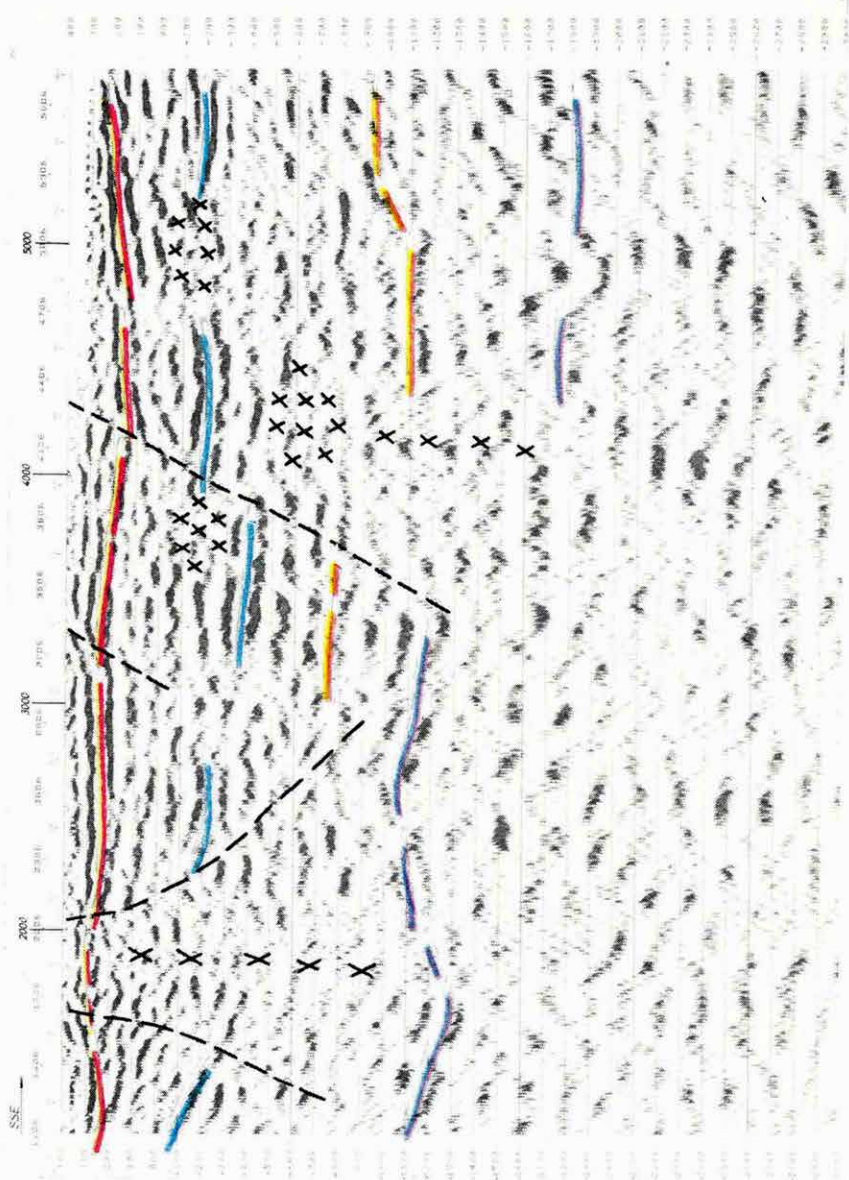
1 — alsó riolittufa feltételezett felszíne; 2 — kárpáti slir feltételezett felszíne; 3 — középső riolittufa feltételezett felszíne; 4 — felső andezitben levő, rétegtanilag nem azonosítható, jól reflektáló szint; 5 — pannóniai összlet; 6 — feltételezett szubvulkáni test, illetve feltörési zóna; 7 — feltételezett törés

*Fig. 16.* Ma—3b/81 VIBROSEIS migrated depth section (filtering 10—40 Hz)

1 — supposed surface of lower rhyolite tuff; 2 — supposed surface of Carpathian fine-grained molasse sediments; 3 — supposed surface of middle rhyolite tuff; 4 — stratigraphically non-identified reflecting horizon in the upper andesite; 5 — Pannonian sediments; 6 — supposed subvolcanic body or volcanic vent; 7 — supposed fault

*Рис. 16.* Мигрированный сейсмический временной разрез Ма—3b/81, измеренный с вибросейсмической системой (фильр: 10—40 Гц)

1 — предполагаемая поверхность нижнего риолитового туфа; 2 — предполагаемая поверхность карпатского слира; 3 — предполагаемая поверхность среднего риолитового туфа; 4 — отражающий горизонт в верхнем андезите, который не поддается стратиграфической идентификации; 5 — паннонская толща; 6 — предполагаемое субвulkanическое тело, или зона излияния; 7 — предполагаемый сброс





*17. ábra.* Légágyús rezgéskeltéssel mért Ma—3G/82 migrált reflexiós mélység-szelvény (szűrés 10—40 Hz). Jelölés azonos a 16. ábráéval

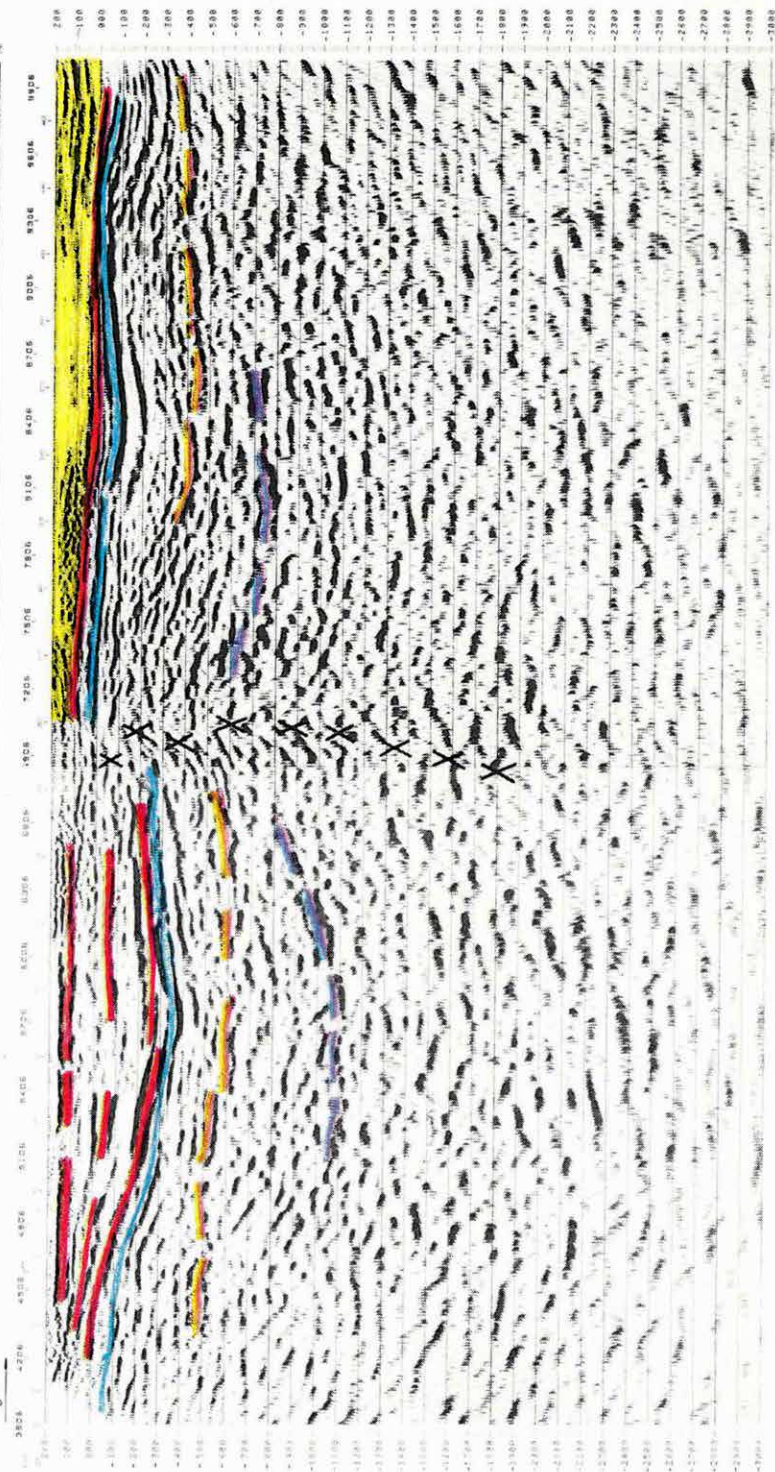
*Fig. 17.* Ma—3G/82 air gun migrated depth section (filtering: 10—40 Hz). Legend as on Fig. 16

*Рис. 17.* Мигрированный глубинный разрез МОВ Ма—3G/82, измеренный с возбуждением при помощи воздушной пушки (фильтр: 10—40 Гц). Условные обозначения как на рис. 16.

Gyöngyösvár

N

S



*18. ábra.* Ma—2G/82 migrált reflexiós mélységzelvény (szűrés 10—40 Hz).  
Jelölés azonos a 16. ábráéval

*Fig. 18.* Ma—2G/82 migrated depth section (filtering: 10—40 Hz). Legend  
as on Fig. 16

*Рис. 18.* Мигрированный глубинный разрез МОВ Ма—2G/82 (фильтр:  
10—40 Гц)  
Условные обозначения как на рис. 16.



és helyzete nem pontosan azonos, így az értelmezésben is különbségek vannak. Az összehasonlításból is megállapíthatjuk, hogy ilyen bonyolult közettani és szerkezeti viszonyok mellett a reflexiós szeizmika csak kísérleti stádiumban van, és még sok módszertani és értelmezési problémát kell megoldanunk.

Az összehasonlító mérésekből úgy tűnik, hogy a légágyú alkalmazható a Mátra vulkáni felépítményének kutatására, bár a vibroszeiz eljárás behatolási mélysége a vulkanitokkal fedett részen valamivel nagyobb.

A hegység peremét D-en Gyöngyös vonaláig kutattuk. A legérdekesebb szerkezeti elem a Ma—2G/82 70<sup>00</sup> pontja körül látható (18. ábra). A szintek megszakadása és a zavart zóna mindkét oldalán jellegzetesen felfelé hajló réteghatárok vulkáni feltörési zónára utalnak. A felső szeizmikus szintekben jelentős ugrás következik be ugyanitt, és eltérő a réteg vastagsága is a D-i és É-i oldalon. Ilyen felépítés többféle módon is kialakulhat: például függőleges tömbmozgás magyarázza a szintek ugrását, majd az ezt követő erős lepusztulás a felső andezitösszlet vastagságának csökkenését. De az is elképzelhető, hogy vízszintes elmozdulás révén kerültek egymás mellé eltérő rétegsorú tektonikai egységek. A mélyebb képződményeknek (kárpáti slir, alsó riolittufa) megfelelő szintek is megszakadnak.

### *Gerjesztett polarizációs mérések*

A kis mélységű ércesedés lehetőségét vizsgáló átnézetes gerjesztett polarizációs méréseket 1982-ben kiterjesztettük a közép-mátrai érces területre is (19. ábra). Itt korábban Vidacs Aladár végzett részletes ércutatást, amelynek során számos hidrotermális, érces telért tártak fel, néhány helyen azonban telér nélküli, infiltrációs érces vonulatot határoltak le. Ezek kialakulását a hegység-peremi leszakadással és a mellékközetek túlnyomóan piroklasztikus anyagával hozta okozati kapcsolatba. A GP anomáliák értelmezése szempontjából fontos megfigyelés, hogy a mellékközet, szemben a telérranyaggal, sok hintett piritet tartalmaz.

A GP eredménytérképen (19. ábra) — amely a közép-mátrai kívül a korábbi években felmért terület jelentős részét is magában foglalja — feltüntettük a bányászati módszerekkel többé-kevésbé megkutatott ércindikációs területek (A, B, C és D) határvonalait. Ábrázoltuk — szintén egyszerűsített formában — a MÁFI metallometriai felvételezésének eredményeit is, a hosszan, több szelvényben is nyomon követhető Pb és Zn anomáliák tengelyvonalaiival.

Szembeötlő, hogy ott, ahol az ércesedés kiterjedése nagy, azaz nagy a hidrotermális érctelérek száma, jelentős GP anomália alakul ki; míg a peremi területeken (C és D), ahol legfeljebb egy-két telér jelenti az ércesedést, nincs GP anomália. Ez nem meglepő, hiszen átnézetes kutatásról van szó és az erre a célra alkalmazott mérési rendszer (20 000 m<sup>2</sup>-enként 1 GP pont) nem érzékelheti a néhány deciméter vastagságú telérekben koncentrálódó szulfidásványo-

kat, főleg ha az oxidáció és a kilúgozás jelentős (breccsás anyagú telérek esetében ez elérheti a 100 m-t is).

A nagy kiterjedésű GP anomáliák a rétegvulkáni andezitösszlet uralkodóan piroklasztikumból álló tömegeit jelzik, amelyek alkalmasak voltak a hidrotermális tevékenység oldatainak befogadására. A Kárpát-medencében és másutt is számos példa bizonyítja, hogy az andezites vulkanitokkal kapcsolatos ólom—cinkérces telérek alatt hintett—eres rézércesedés várható.

A GP és a metallometriai anomáliák alapján jelöltük ki az ércesedés szempontjából perspektivikus területeket (19. ábra). Ezek egyrészt nagyobb kiterjedésűek, mint a már ismert érces területek (A és B), másrészt egy eddig ismeretlen objektumra is felhívják a figyelmet: a Szén-patak környékére (E). Ugyanitt a metallometriai felvételezés intenzív, keskeny Pb és Zn anomáliákat adott, amelyek többé-kevésbé a GP maximumok csapását követik. Az ólom és cink uralkodó szerepéből — közép-mátrai analógiára — a két elem felszínközeli, hidrotermális ércesedését tételeztük fel. Mind a metallometriai anomáliára telepített gyöngyössolymosi Gys—8, mind az átnézetes GP anomáliára részletező mérések után telepített Gys—9 fúrás galenit—szfalerit tartalmú kvarctelért harántolt, igazolva a feltevés jogosságát.

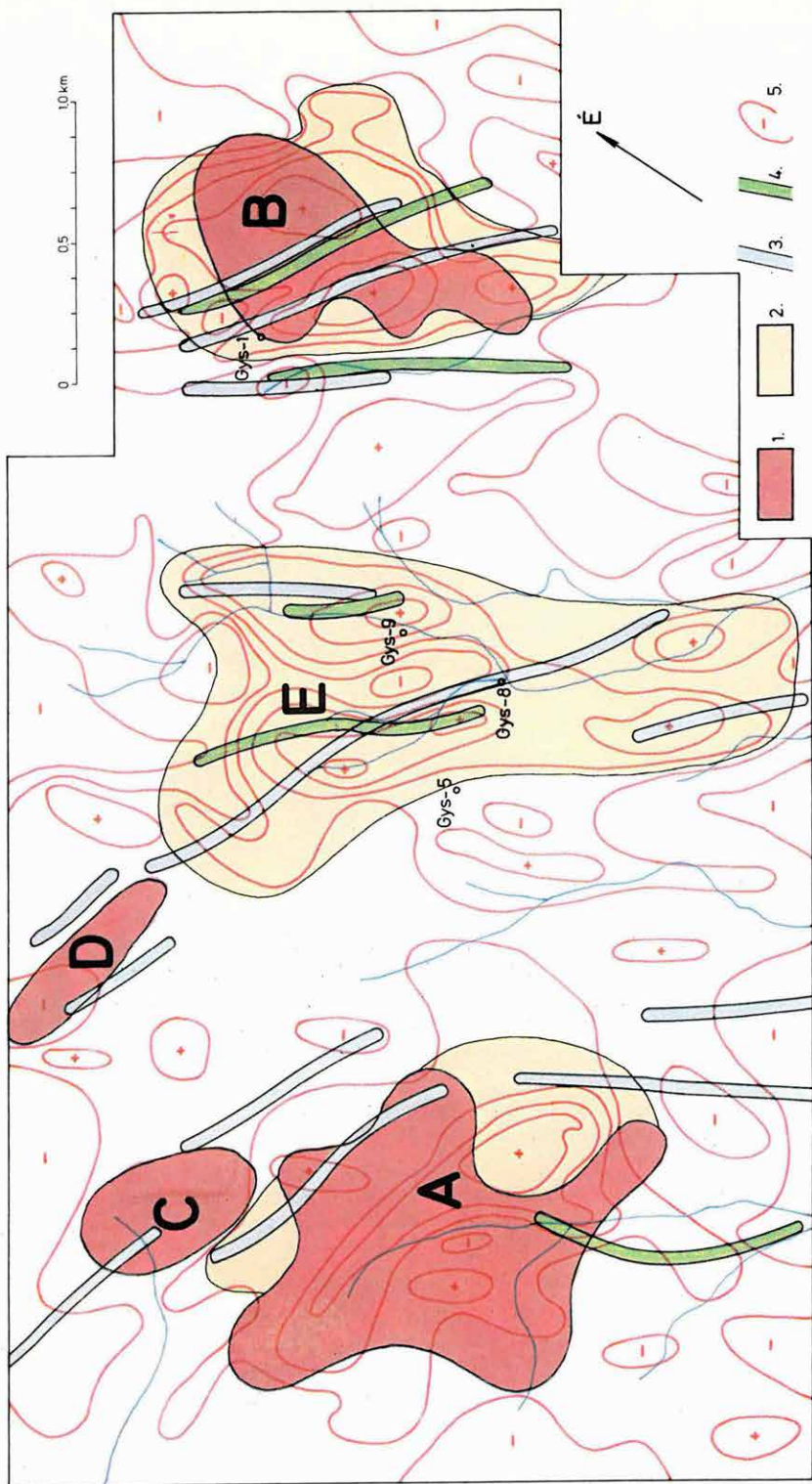
Az áttekintő GP mérések tehát egy új, kiterjedését tekintve az ismertekkel vetekedő nagyságú érces területet körvonalaztak. Az ércesedés meglétét már fúrások is bizonyítják, nyitva maradt azonban a mélyebb, feltehetőleg porfíros ércesedés, illetve a három nagy objektum (A, E és B) kapcsolatának, egymáshoz való viszonyának kérdése.

### *A földtani térképezéshez kapcsolódó geofizikai mérések*

A Nyugat-Mátra É-i lejtőjén végzett földtani bejárások során több olyan kérdés is felmerült, amelyeknek a megoldása csak geofizikai mérésekkel volt lehetséges. Az egyik ilyen kérdés a felső andezit összlet üledékes fekvésének helyzete, másik pedig a felszínközeli, de fedett vulkáni képződmények — lávapadok andezittufa és -tufit — elkülönítése. Hasonló feladat volt üledékes környezetben magmás testek kimutatása.

A kisellemállású üledékes összlet mélységének és a terület geoelektromos felépítésének tisztázására szelvénymenti VES és MFS méréseket végeztünk (15. ábra). A legtöbb földtani információt a mindkét módszerrel lemért szelvényeken kaptuk, és igazolódott néhány korábbi, hasonló területeken végzett kutatásból levont következtetés: a VES görbék az inhomogén felépítés és a változatos topográfia miatt torzultak. A torzulások miatt — mint az a 20/a ábrán is látható — lehatolási mélységük korlátozott (a nagyobb AB-khez tartozó görbeszakasz értelmezhetetlen). A torzulás mellett a korlátozott behatolás másik oka az, hogy az egyenáram a vastagabb, nagyellenállású közbetelepüléseken nem tud áthatolni. Ezért VES mérésekkel csak a felső andezit összlet felső ré-







**19. ábra.** A Mátrában végzett gerjesztett polarizációs mérések eredménytérképe a metallometriai felvételezés (MÁFI) főbb anomáliáival

1 — ismert érces terület; 2 — reménybeli érces terület; 3 — Pb anomália tengelye; 4 — Zn anomália tengelye; 5 — a látszólagos gerjeszthetőség izovonalai.

Érces területek: A — Gyöngyösoroszi; B — közép-mátrai; C — pelyhesi; D — mátraszentimrei; E — szén-pataki

**Fig. 19.** IP anomalies in the Mátra Mts. with the main anomalies of the metallometric survey of MÁFI

1 — area of known mineralization; 2 — zone of prospective mineralization; 3 — axis of Pb anomaly; 4 — axis of Zn anomaly; 5 — isoline of apparent polarizability

Mineralized areas: A — Gyöngyösoroszi; B — Central Mátra; C — Pelyhes; D — Mátraszentimre; E — Szén-brook

**Рис. 19.** Карта результатов измерений ВП в горах Матра с основными аномалиями металлметрической съемки (МАФИ)

1 — известный рудный район; 2 — перспективный рудный район; 3 — ось аномалии Pb; 4 — ось аномалии Zn; 5 — изолинии кажущейся поляризуемости.

Рудные районы: А — Дёндёшороси; В — средней части Матра; С — пельхешский; D — Матрасентимре; E — Сен-патак



20. ábra. A mátrakeresztési V—14 geoelektromos rétegszelvény

- a) VES mérések alapján
- b) MFS mérések alapján

1 — geoelektromos réteghatár; 2 — meredek ellenálláshatár

Fig. 20. Geoelectric cross section V-14 of Mátrakeresztes

- a) VES results
- b) MFS results

1 — geoelectric boundary; 2 — steeply dipping resistivity boundary

Рис. 20. Геоэлектрический разрез V—14 ок. с. Матракерестеш

- a) по ВЭЗ
- b) по МЧЗ

1 — геоэлектрический раздел; 2 — крутая граница сопротивлений



szén levő, kisellenállású tufás—tufitos réteg és ennek fekvője (a szelvény ÉK-i részén egy nagy ellenállású lávapid, DNy-i részén pedig egy közepes ellenállású, feltehetőleg vulkáni agglomerátum réteg) nyomozható.

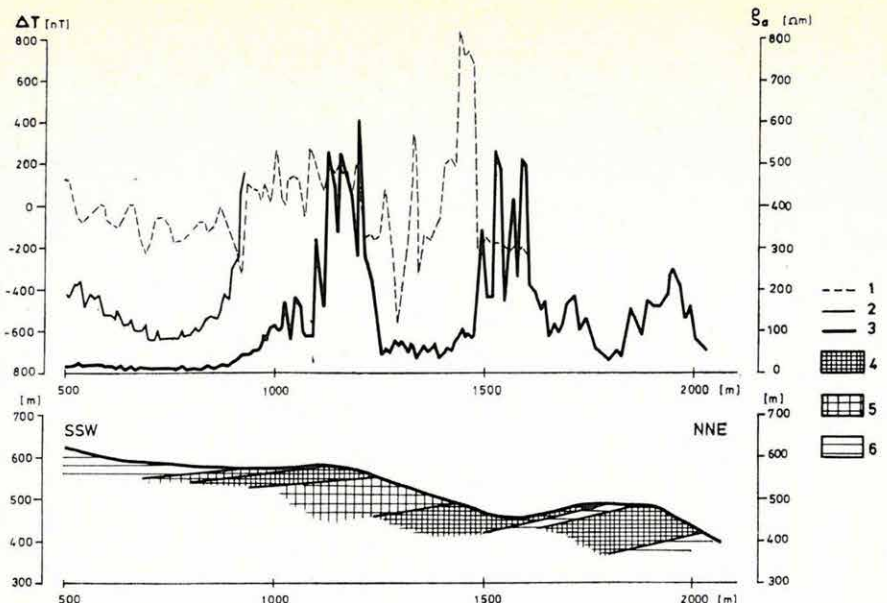
A mesterséges frekvenciaszondázásokat kevésbé zavarja a vízszintes inhomogenitás és képesek a nagyellenállású, árnyékoló rétegek alól is információt adni. A méréseket konduktív gerjesztéssel, dipól-ekvatoriális elrendezésben ( $AB=300$  m,  $R=1000-1250$  m,  $MN=100$  m) végeztük a 20 Hz—10 kHz frekvencia tartományban. A V—14 MFS ellenállás szelvény (20/b ábra) földtani értelmezését az nehezíti meg, hogy különböző képződmények ellenállása is lehet azonos. Az azonban bizonyos, hogy az MFS jobban bontja a felső andezit összletet, főleg annak felső részét. A kisellenállású tufa közepes- és nagyellenállású lávapidokkal váltakozik. Mélyebben — a közepes fajlagos ellenállásértékből következően — az andezitösszlet fő tömegét valószínűleg piroklasztikum alkotja. Ennek fekvése a 0—200 m tengerszint feletti magasságban megjelenő kisellenállású képződmény, amely lehet a felső andezit összlet fekvése, a középső riolittufa, de lehet az andezit összleten belüli kisellenállású képződmény is. A szelvény közepén látható „emelt blokk” nem valódi szerkezet. A földtani bejárások során meghatározott, közel K—Ny csapású vetőt hegyes szögben metszi a szelvény. A vetőzóna töredezett, ezért csökkent ellenállású kőzetek jelentkezhetnek ilyen formában a geoelektromos képen. Ez viszont magában foglalja azt a feltételezést, hogy a vető É-i, illetve D-i oldalán különböző képződmények jelentkeznek azonos ellenállással.

A földtani bejárások során a fő nehézséget az erős fedettség jelentette: például a Típpanos környékén csak a meredek gerinceken láthatók a DDK felé  $10-15^\circ$ -ban dőlő, 20—30 m vastag lávapidok rétegefejei. A lávapidok között a fedettség teljes, csak a völgyekben találhatók kisebb andezittufa és -tufit kibúvások. A geoelektromos mérések feladata annak eldöntése volt, hogy a lávapidok közeit ugyanez az andezittufa és -tufit tölti-e ki, és meg kellett kísérelni az elkülönülő szintek csapásmenti követését.

A 15. ábrán kettős vonallal körülhatárolt területen  $AB=50$  m-es elektróda távolsággal, gradiens elrendezéssel végeztünk ellenállás szelvényezést, néhány szelvényen ezen felül mágneses mérést is. A 21. ábrán látható szelvényből is kitűnik, hogy a látszólagos ellenállás táv határok között változik és a változási tendencia valóban rétegzett felépítésre utal. A nagyellenállású ( $>150 \Omega m$ ) szelvényszakaszok jelzik a lávapidokat, a közepes- és kisellenállásúak pedig a piroklasztikumokat és a vulkáni—üledékes kőzeteket. A rétegzett felépítés feltételezése tehát helyesnek bizonyult. A rétegek csapásmenti követése nehezebb feladat, rétegtérképezések, törésmenti elmozdulások bonyolítják a képet.

A mágneses mérések értelmezését a meredek lejtőket borító andezittörmelék hatása miatt nem lehet elvégezni.

A korábban térképezett, feltehetőleg nagy ellenállású andezittelések meglétét



21. ábra. Látszólagos fajlagos ellenállás- és mágneses szelvény

1 —  $\Delta T$  szelvény; 2 —  $\rho_a$  szelvény (10× nagyítás); 3 —  $\rho_a$  szelvény; 4 —  $\rho > 150 \Omega m$ , zömmel lávából álló réteg; 5 —  $\rho = 50 - 150 \Omega m$ , uralkodóan piroklasztikumból álló réteg; 6 —  $\rho < 50 \Omega m$  finomszemű vulkáni üledékes kőzetek

Fig. 21. Apparent resistivity and magnetic profile

1 —  $\Delta T$  profile; 2 —  $\rho_a$  profile (10 times enlarged); 3 —  $\rho_a$  profile; 4 —  $\rho > 150 \Omega m$ , mainly lava; 5 —  $\rho = 50 - 150 \Omega m$ , mainly pyroclastics; 6 —  $\rho < 50 \Omega m$ , fine grained volcanic sedimentary layer

Рис. 21. Кривые кажущегося удельного сопротивления и магнитометрии  
1 — кривая  $\Delta T$ ; 2 — кривая  $\rho_a$  (в увеличении 10х); 3 — кривая  $\rho_a$ ; 4 —  $\rho > 150 \Omega m$ ; большинство пласта состоит из лавы; 5 —  $\rho = 50 - 150 \Omega m$ , пласт состоит в преобладающей части из пирокластиков; 6 —  $\rho < 50 \Omega m$  тонкозернистые породы вулканических отложений

elektromos szelvényezéssel is sikerült igazolni a Csomosvár környékén; a Peterdi-hegyen végzett méréseknél viszont a látszólagos ellenállás sehol sem éri el a  $30 \Omega m$ -t, vagyis a telér meglelte kétséges.

### Földtani bejárások

1981—82-ben a Nyugat-Mátra É-i lejtőjén a 15. ábrán jelölt mintegy  $70 km^2$ -nyi területen végeztünk földtani bejárásokat és 1:10 000 méretarányú földtani térképet készítettünk.

A korábbi bejárások számos megállapítását további adatokkal erősítettük meg, néhányat azonban módosítanunk kellett. A legfontosabb eredmények:

— a korábban középső- és fedő andezitként elkülönített képződmények egységes rétegvulkáni sorozatot alkotnak, amelyeket felső andezit összetétel nével jelölünk;

— a felső andezit összetétel négy, területileg elkülönülő típusba sorolható,



ebből három a középső riolittufára települ, a negyedik (Tippanos környéke) rétegtani helyzete bizonytalan. Az egyes típusokat önálló centrumok rétegvulkáni felépítményének tekintjük;

— a rétegvulkáni összlet települését nagyszámú törés bonyolítja, amelyek közül a nagyobbak esetleg több kilométer hosszban is nyomon követhetők.

### 1.2.2 Földtani előkutatás az Aggtelek—Rudabányai-hegységben\*

Az 1980—85 közötti időszakra tervezett földtani előkutatási program geofizikai része 1981-ben indult és változatlan célkitűzésekkel folytatódott 1982-ben is. Szerkezetkutató szeizmikus- és mágneses-, de főleg térképező jellegű méréseink — elektromos és mágneses szelvényezés — szorosan kapcsolódtak a kutatásokat irányító MÁFI térképező munkálataihoz. Szeizmikus mérésekkel folytattuk Alsótelekes környékén az evaporit kutatást. A geofizikai mérések területének áttekintő térképe a 22. ábrán látható.



22. ábra. Az Aggtelek—Rudabányai-hegységben végzett geofizikai mérések területének áttekintő térképe

1 — a bemutatott szeizmikus mérések területe; 2 — az 1982. évi mágneses mérések területe; 3 — az 1982. évi térképező mérések területei (3.a — Méneshölgy; 3.b — Haragistya)

Fig. 22. Sketch map of geophysical surveys of the Aggtelek–Rudabánya hills  
1 — area of seismic survey; 2 — area of the 1982 magnetic survey; 3 — areas of geophysical surveys in connection with geological mapping (3.a — Méneshölgy, 3.b — Haragistya)

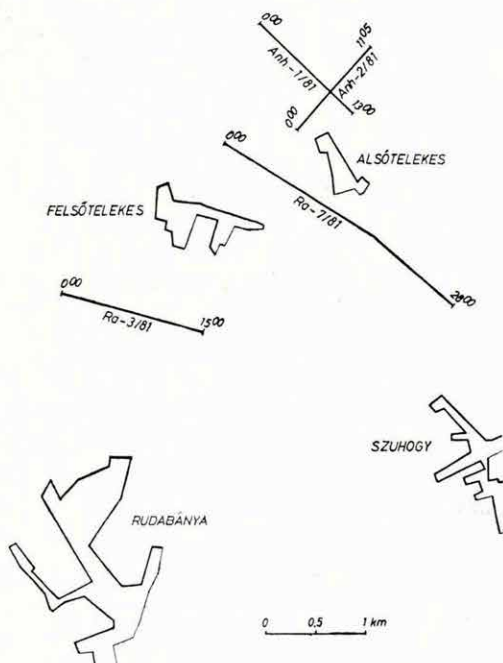
Рис. 22. Сводная карта области геофизических работ в горах Рудабанья—Аггтелек

1 — район сейсмических работ; 2 — район магнитометрических работ в 1982 г.; 3 — участки картировочных работ в 1982 г. (3.a — Менешвёлдь; 3.b — Харагистья)

\*Albu I., Nagy E., (MÁFI), Taba S., Verő L.



Az Aggtelek—Rudabányai-hegységben — akár a kibúvásos területekről, akár a kisebb medencékről van szó — a rendkívül bonyolult szerkezet, s az uralkodóan meredek dőlések mellett a nagy sebességű, idős kőzetek kis települési mélysége jelenti a szeizmikus kutatás számára a fő problémát. Hasonló nehézségekkel a szilárdásvány kutatásban máshol is találkozhatunk, ezért már 1981-ben elkezdjük a részletes, kis mélységű szerkezetkutatásra és szintkövetésre alkalmas magasfrekvenciás, sekélyreflexiós mérések módszertani vizsgálatát úgy, hogy egyúttal földtani információt is nyerjünk. A kísérleteket 1982-ben is folytattuk és feldolgoztuk az 1981-es méréseket, amelyekből két példát mutatunk be (a bemutatott szelvények helyszínrajza a 23. ábrán látható).



23. ábra. A rudabányai szerkezetkutató, és az alsótelekesi anhidrit-kutató szeizmikus mérések helyszínrajza

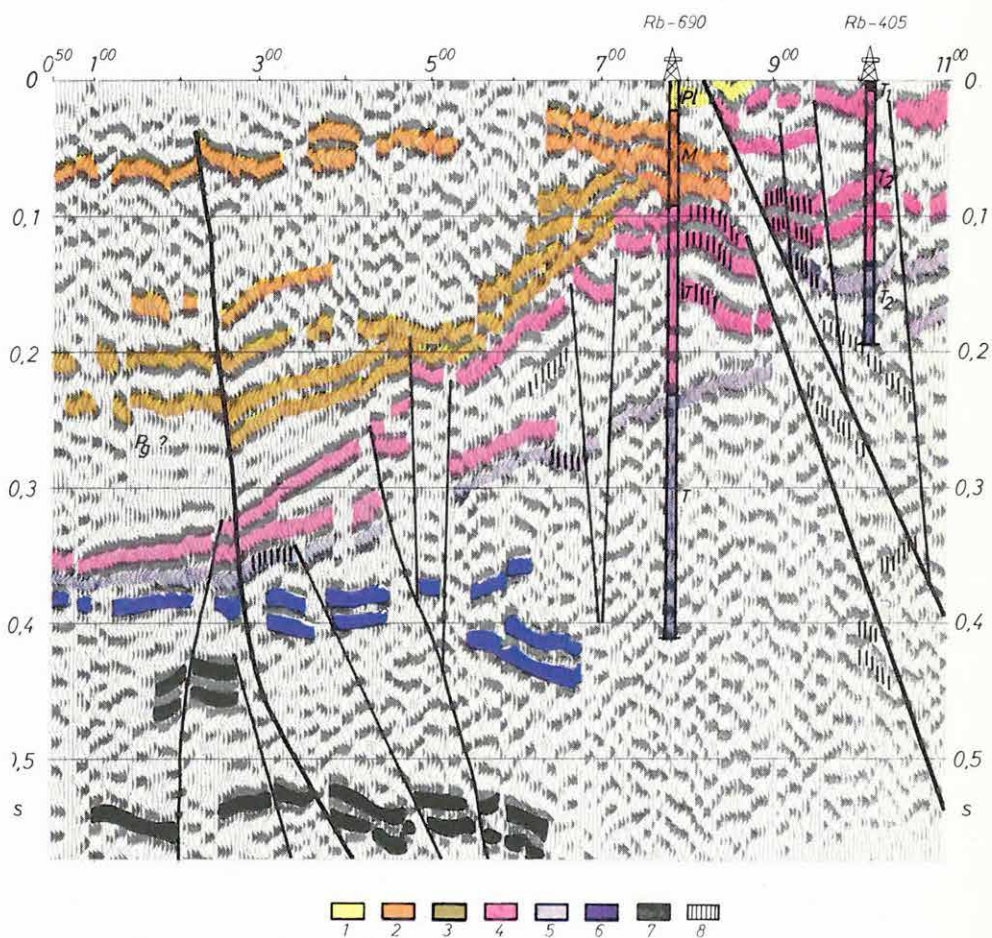
Fig. 23. Location map of seismic surveys: the one near Rudabánya for structural exploration, the one near Alsótelekes for anhydrite

Рис. 23. План сейсморазведочных работ, проведенных в районе Рудабанья с целью изучения структур и в районе Алшотелеш с целью выявления ангидрита

A Rudabányai-hegységet Ny-ról határoló szerkezeti vonalak vizsgálatára mértük Felsőtelekestől D-re a Ra—3/81 szelvényt. Az időszelvényen (24. ábra) az Rb—690 és Rb—405 fúrás között jól kirajzolódik egy feltolódási zóna. Meg kell jegyeznünk, hogy a nem-migrált időszelvényen a törések mentén kialakult diffrakciókat — amelyek néhol folyamatosan belesimulnak a reflexiókba — a törések elsőrendű indikátorainak tekintjük. További törésjelző bélyegek: hirtelen dőlésváltozás, a folytonosság megszakadása, jellegváltás stb. A 24. ábrán néhány jellegzetes diffrakciót be is jelöltünk. A szerkezeti mozgás a miocén rétegeket is érintette. Ugyanez mondható el a 2<sup>00</sup> körüli törésvonalról, amely

WNW

ESE



24. ábra. Ra—3/81 reflexiós időszelvény

1 — pannon; 2 — miocén; 3 — paleogén; 4 —  $T_2l$  ladini; 5 —  $T_{2a}$  anizuszi; 6 —  $T_{1c}$  kampili;  
7 —  $T_1$  alsó triász vagy annál idősebb; 8 — diffraktált hullám

Fig. 24. Ra—3/81 reflection time section

1 — Pannonian; 2 — Miocene; 3 — Paleogene; 4 —  $T_{2l}$  Ladinian; 5 —  $T_{2a}$  Anisian; 6 —  $T_{1c}$  upper Werfenian; 7 —  $T_1$  lower Triassic or older; 8 — diffracted wave

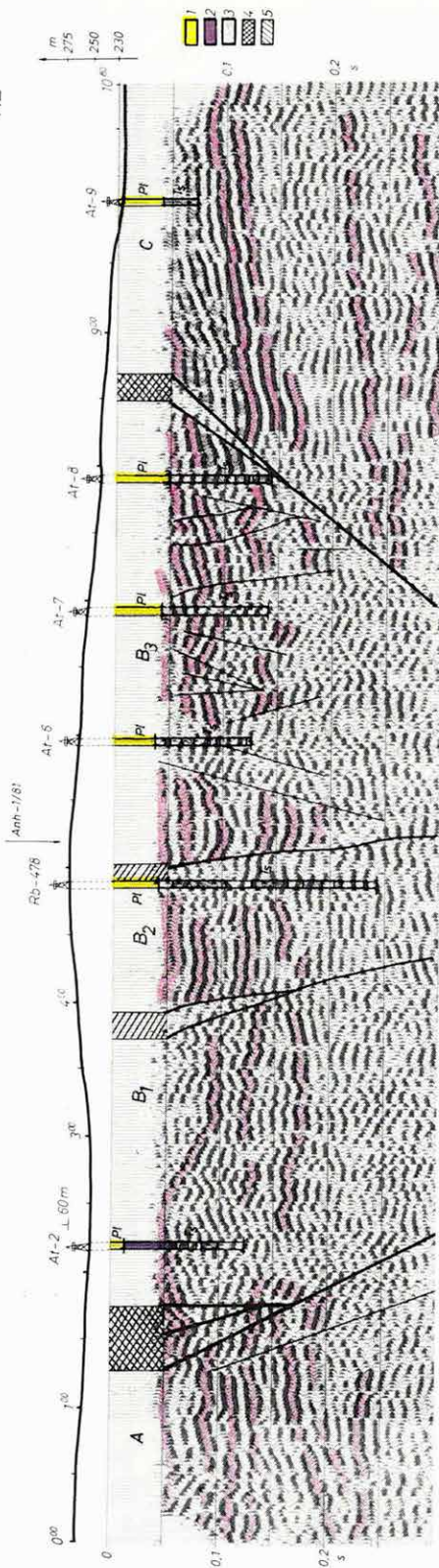
Рис. 24. Временной разрез МОВ RA—3/81

1 — паннон; 2 — миоцен; 3 — палеоген; 4 — ладынский  $T_{2l}$ ; 5 — анизуский  $T_{2a}$ ; 6 — кампильский  $T_{1c}$ ; 7 — нижний триас или древнее; 8 — диффрагированная волна



SW

NE



## 25. ábra. Anh—2/81 reflexiós időszelvény

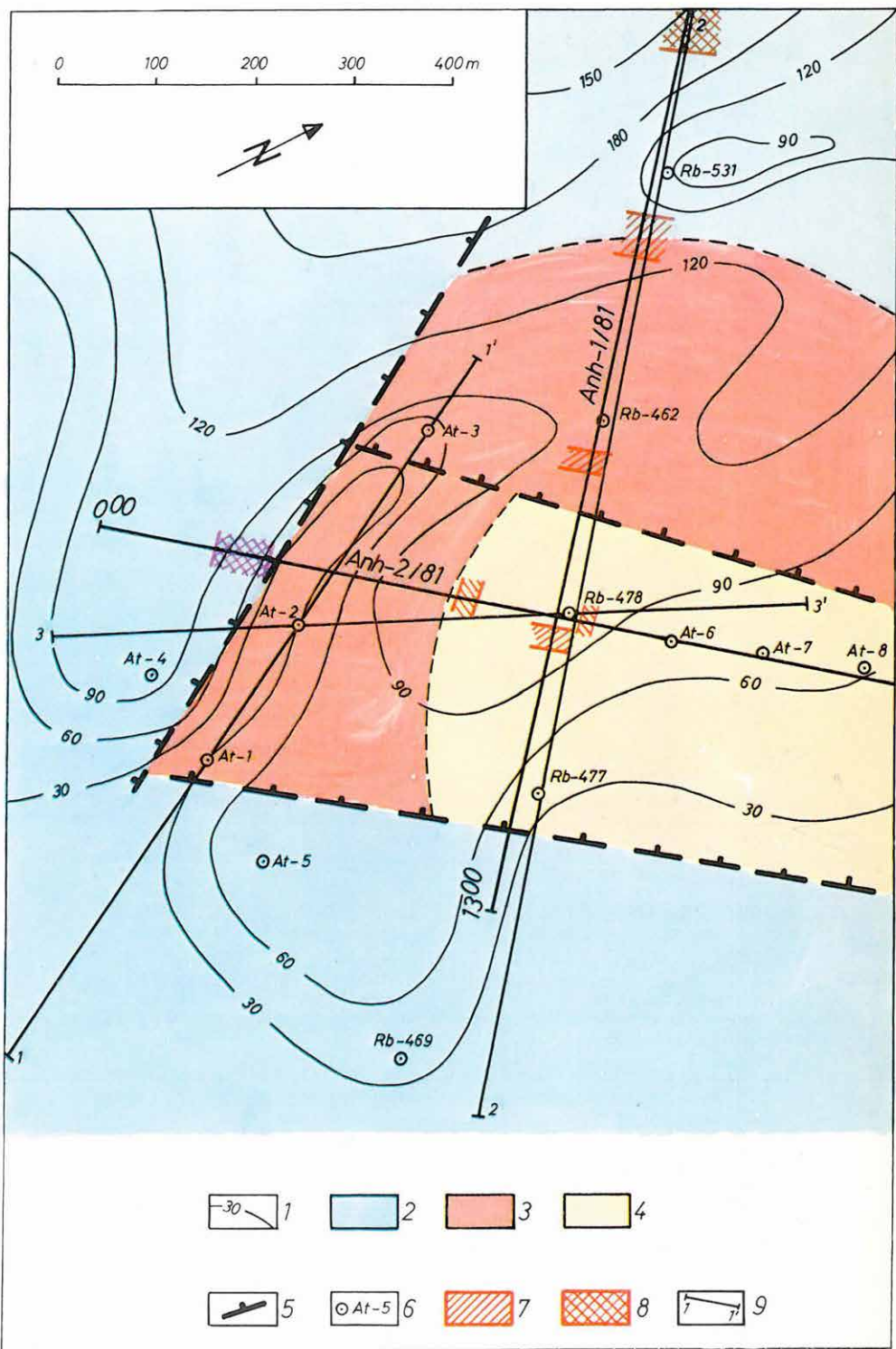
1 — *Pl*, pannon; 2 — a tektonikai kép szemléltetésére kiemelt reflexiós beérkezések, litológiai és rétegtani azonosítás nélkül; 3 — a tiszta evaporitos összlet; 4 — a szeizmikus szelvény eltérő jellegű szakaszainak elkülönítésére használt jelölés; 5 — a 4-ben meghatározott szakaszok további bontására használt jelölés

## Fig. 25. Anh—2/81 reflection time section

1 — *Pl* Pannonian; 2 — reflections without stratigraphic identification, marked for the illustration of the tectonic set-up; 3 — evaporite; 4 — symbol to separate parts of differing seismic characteristics; 5 — symbol to divide parts of similar characteristics

## Рис. 25. Временной разрез МОВ Anh—2/81

1 — паннон *Pl*; 2 — вступления отраженных волн, выделенные для иллюстрации тектонической картины, без литологической и стратиграфической идентификации; 3 — чистая толща эвапоритов; 4 — обозначение для выделения участков отклоняющего характера сейсмического разреза; 5 — обозначение, используемое для дальнейшего разделения определенных в п. 4 участков





**26. ábra.** Az alsótelekesi anhidrit előfordulás fedetlen földtani térképe a szeizmikus mérések által kimutatott tektonikai zónákkal

1 — a neogén fedő vastagságvonalai; 2 — triász formációk a tengerszintig, anhidrit nélkül; 3 — triász formációk területe, a fekvőben tengerszintig anhidrittel; 4 — anhidrites összlet; 5 — törések a törési sík dőlésirányával (a fúrási adatok alapján szerkesztve) 6 — fúrás; 7—8 — a szeizmikus mérések által kimutatott tektonikai zónák helye a 25. ábrán használt jelöléseknek megfelelően; 9 — földtani szelvény nyomvonala

**Fig. 26.** Uncovered geological map of the anhydrite deposits of Alsótelekes, with the tectonic zones determined by seismics

1 — thickness isolines of Neogene cover; 2 — Triassic formations till sea level, without anhydrite; 3 — Triassic formations underlain by anhydrite till sea level; 4 — anhydrite formation; 5 — fractures with angle of inclination (constructed from borehole data); 6 — borehole; 7 and 8 — tectonic zones determined by seismics with the same notation as on Fig. 25; 9 — line of geological cross section

**Рис. 26.** Геологическая карта без кровли месторождения ангидрита ок. с. Алшотелкеш с тектоническими зонами, выделенными сейсморазведкой

1 — линии мощности неогеновой кровли; 2 — триасовые формации до уровня моря без ангидрита; 3 — площадь триасовых формаций, в подошве до уровня моря с ангидритом; 4 — ангидритовая толща; 5 — сбросы с направлением наклона плоскости разлома (составлено по данным бурения); 6 — скважина; 7—8 — место выявленных сейсморазведкой тектонических зон в соответствии с обозначениями, использованными на рис. 25; 9 — трасса геологического разреза

valószínűleg a hegységet határoló törésszóna Ny-i peremét jelöli. A két szerkezeti vonal között is törések szabdalják a Ny felé erősen süllyedő triász aljzatot, ezek azonban az előbbieknél idősebbeknek tűnnek. Az összetöredezettség mellett még az is jellemző a triász összletre, hogy felső része (középső triász, ladini rétegek?) Ny felé elvékonyodik. Az Rb—405 fúrásban a  $T_2$ l összlet mészkőből, homokkőből, márgából és agyagpalából, a  $T_2$ a összlet pedig főleg dolomitból áll. Az Rb—690 fúrásban, ahol a triázon belül pontosabb kormeghatározás nem áll rendelkezésünkre, a képződményeket településük alapján szintén két fő csoportba sorolhatjuk: a mészkő, agyagpala és agyagmárga alatt itt is dolomit és mészkő rétegek következnek. A szeizmikus szelvényen e két fő csoport mind jellegében, mind diszkordáns településében elkülönül egymástól. Érdekes képet mutat az aljzat felett települő összlet. A fúrásból korrelálható miocén rétegek alatt diszkordáns településű, igen gyenge reflexiókat adó üledékösszlet található. Korát legfeljebb csak feltételezhetjük (paleogén?).

Az Alsótelekes környéki evaporitkutatásban két feladat állt a geofizikai mérések előtt: a külszíni fejtés tervezéséhez a neogén fedő vastagságának meghatározása és az evaporitos, illetve karbonátos kifejlődésű alaphegység elkülönítése. Az első feladat geoelektromos mérésekkel megoldható (lásd 1981. Évi Jelentés, 35. oldal), a második közvetlenül, teljes mértékben még szeizmikus reflexiós és fúrásos kutatás együttesével sem.

Az Anh—2/81 szelvényen (25. ábra) feltüntettük a fúrási adatokat is a feladat bonyolultságának érzékeltetésére. A viszonylag rövid szelvény is három, tektonizáltság szempontjából eléggé élesen elkülönülő részre osztható. Az A szakasz nyugodt települést mutat, a B viszont erősen zavart, a szeizmikus kép nehezen értelmezhető. A  $B_3$  szakasz közepén, egymástól 100 m távolságra levő fúrásokon (At—6, At—7) keresztül földtani szelvény nem szerkeszthető, a korreláció ilyen kis távolságokon belül sem végezhető el.

A fúrások adatai szerint itt tiszta anhidrit és gipsz csak kis számú, vékony réteg formájában fordul elő. A nagyobb vastagságú, nyugodtabb településű evaporit rétegek a tektonikailag zavartalanabb részeken találhatók (At—8). Eszerint az evaporit előfordulás szempontjából a tektonizáltság is igen fontos tényező, az alaphegység tektonizált részei — kifejlődésüktől függetlenül — kedvezőtlenek a bányászat számára. A fúrási adatok alapján szerkesztett és a szeizmikus reflexiós mérésekkel kimutatott tektonikai zónák egybeesése (26. ábra) igazolja, hogy reflexiós mérésekkel az aljzat szerkezete, tektonikája megismerhető (a 20 m-nél kisebb eltérések nem tekinthetők egyedül a szeizmikus módszer hibájának, a földtani adatok interpolációja is hibákkal terhelt. Az összehasonlításnál azt is figyelembe kell venni, hogy nem a felszínen, hanem az elektromos és szeizmikus mérésekkel meghatározott, változó mélységben levő neogén aljzaton jelentkező tektonikai elemekről van szó). A szeizmikus mérések ezen felül olyan zónákat is kimutattak, amelyek meglétére a ritkább fúrási hálózat alapján következtetni nem lehet.

Így közvetve kijelölhetők a perspektivikus területek, de feltétlenül szükséges a fúrásos ellenőrzés. A *C* szakasz nyugodt települése például kedvező, a külszíni bányászat számára további előnyt jelent az aljzat ÉK felé való emelkedése. Ezért javasoltuk az At—9 jelű fúrás mélyítését, amely viszonylag kis mélységben (44,7 m) érte el az alaphegységet és mintegy 60 m vastagságban (105,6 m-ig) műrevaló gipszes-anhidrites összletet harántolt. A *C* szakasz szeizmikus képe alapján még közvetve következtethetünk az evaporitos és a karbonátos aljzat határára is: a karbonátos aljzat intenzívebb, hosszán követhető reflexiókkal jelentkezik.

### *Mágneses mérések*

1983-ban mélyítették a mágneses anomáliára telepített Tornakápolna—3 mélyfúrást a 6. szelvény közelében (lásd az 1981. Évi Jelentést, 32. oldal, a hatószámítás eredményei az I. táblázatban, illetve a 18. ábrán). A hatószámítás egyik megoldatlan kérdése az volt, hogy egyetlen, vagy két, egymás felett elhelyezkedő, különböző dőlésű és kissé eltérő szuszeptibilitású test hozza-e létre az anomáliákat. A 6. szelvényen egyértelműen az összetett test hatásgörbéje közelítette meg jobban a mért görbét, ezért közöltük ezt a változatot (a felső test +175 m-ben, az alsó —250 m-ben kezdődik). Egyetlen hatót feltételezve +50 m adódnék hatómélységnek. A fúrás +280 m-ről indulva 185,1 m mélységben ( $\sim +100$  m) érte el a diabáz hatót. Így a kétféle hatószámítási variáció között a mélység alapján nem lehet dönteni, mivel a ható mélysége éppen a kétféleképpen kapott mélységadat középértéke.

A fúrásban végzett szuszeptibilitás mérések szerint a ható egyértelműen összetett. A diabáz szuszeptibilitása 185 és 502 m között  $4\text{—}8\cdot 10^{-2}$  SI egység (a nagyobb érték csak egy 20 m-es szakaszra vonatkozik), 502 m alatt pedig  $1,5\text{—}3\cdot 10^{-2}$  SI egység. Ez a mélység igen jól egyezik a két hatót elválasztó felületre kapott —250 m-rel.

Hasonló mágneses kutatást végeztünk 1982-ben Bódvaszilas, Komjáti, Tornaszentandrás és Bódvarákó között, mintegy 30 km<sup>2</sup>-en. Az átnézetes (500×50 m-es hálózatu) mérést az anomáliák területén 100×50, illetve 100×10 m-esre sűrítettük.

Két — a korábbi átnézetes földi- és légimágneses mérésekből ismert — anomáliát kutattunk meg részletesen. Példaként a Komjátitól D-re eső, mintegy 1,5 km hosszúságú, közel K—Ny csapású anomáliát mutatjuk be (27. ábra). A csapásirányra merőlegesen mért szelvények mentén hatószámítást végeztünk, lefelé véges (—1000 m-ig tartó), kétdimenziós hatót feltételezve. A 27. ábrán a ható szelvények mentén kapott tengerszint feletti magasságát és szélességét is feltüntettük. A ható dőlése 55° É felé, szuszeptibilitása  $2\cdot 10^{-2}$  SI egység. A szelvények mentén kiszámoltuk a mért és számított értékek különbségét, ebből szerkesztettük meg a 28. ábrán látható különbség térképet. A hatószámí-



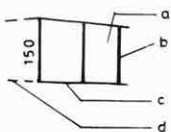
0 km

KOMJÁTI

BÓDVA

TORNASZENTANDRÁS

ÚJ-PATAK



1.



2.



3.

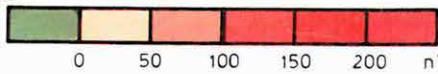
$Ra-23/84$

4.

• K, 1

5.

$\Delta T$



0

50

100

150

200

nT

27. ábra. A Komjáti környéki földmágneses ( $\Delta T$ ) mérések eredménytérképe  
 1 — mágneses ható: a — felső határoló síkjának tengerszint feletti magassága, b — szélessége,  
 c — biztos adat, d — bizonytalan adat; 2 —  $\Delta T$  izovonal (nT); 3 — szintvonal (tszf. m.); 4 —  
 szeizmikus reflexiós vonal; 5 — fúrás

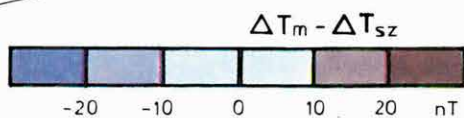
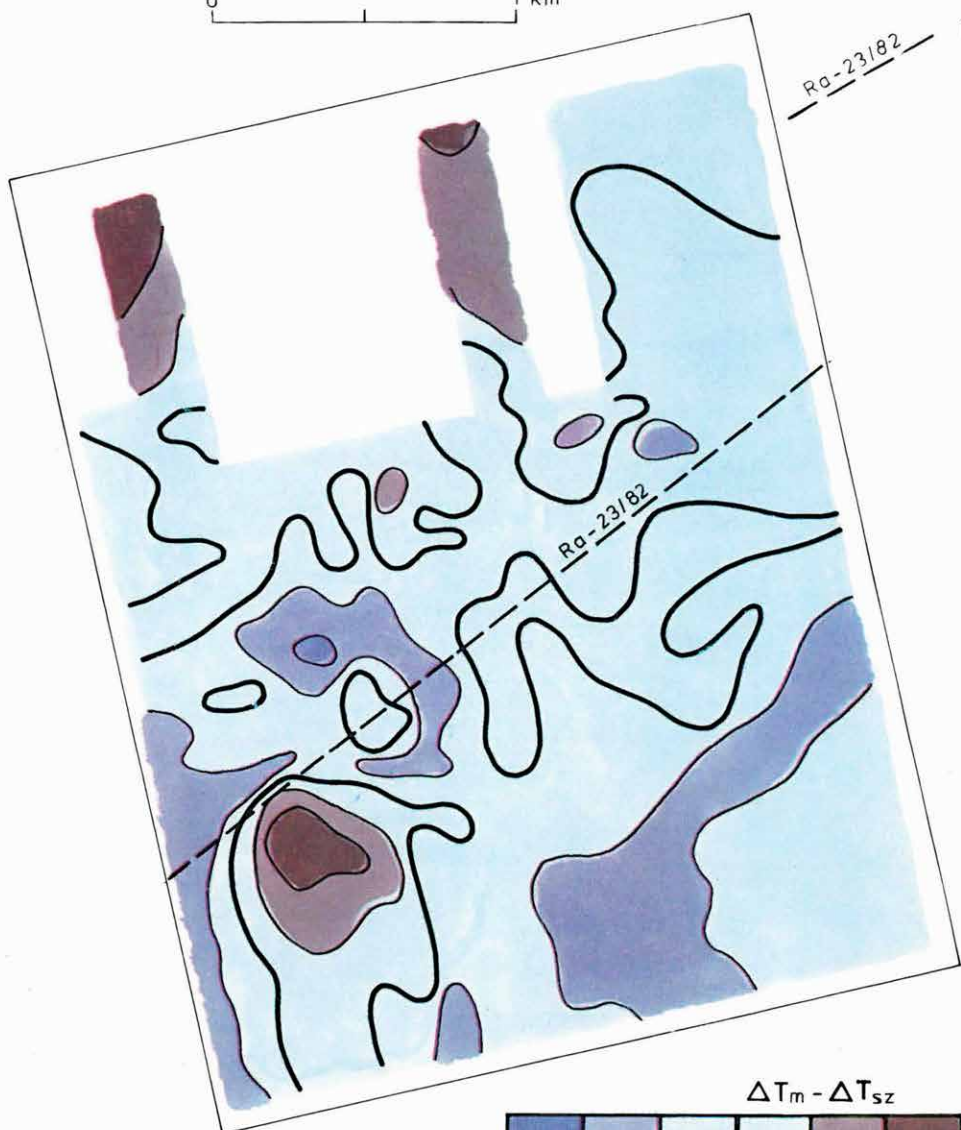
Fig. 27. Ground magnetic ( $\Delta T$ ) anomaly map of the Komjáti area

1 — causative body: a — upper horizon above sea level, b — width, c — reliable data, d —  
 unreliable data; 2 —  $\Delta T$  isoline (nT); 3 — depth contour (m above sea level); 4 — seismic  
 reflection profile; 5 — borehole

Рис. 27. Карта результатов геомагнитных измерений ( $\Delta T$ ) ок. с. Комяты

1 — магнитное тело: а — высота над уровнем моря плоскости верхнего предела, b —  
 ширина, с — надежное значение, d — ненадежное значение; 2 — изолиния  $\Delta T$  (нТ);  
 3 — контурная линия (высоты над уровнем моря); 4 — линия сейсморазведки МОВ;  
 5 — скважина

0 1 km





28. ábra. A Komjáti környéki mért és számított  $\Delta T$  értékek különbség-térképe  
1 — szeizmikus reflexiós vonal

Fig. 28. Difference map of measured and computed  $\Delta T$  values for the Komjáti magnetic anomaly  
1 — seismic reflection profile

Рис. 28. Карта разниц измеренных и расчетных значений  $\Delta T$  около с. Комяты  
1 — линия сейсморазведки МОВ

tás jónak mondható, hiszen a különbség átlagosan a mért anomália értékek 10%-a alatt marad.

A ható anyaga minden bizonnyal itt is hasonló, mint Tornakápolnánál vagy Szögligetnél (itt fúrásból és árkolásból is ismert a ható: gabbró, diabáz és szerpentinit), a Komjáti—1 mélyfúrás 180,6 m-től kezdve eruptív kőzeteket harántolt.

A tornakápolnai, tilalmas-tetői (az 1982-ben részletesen felmért másik anomália) és a komjáti mágneses anomáliák tengelyiránya közel megegyezik (a Komjátitól K-re levő, mélyebben elhelyezkedő, kisebb méretű hatótól származó anomália szintén ilyen csapású). A fúrási és árkolási adatok szerint a vulkanitok beágyazó kőzetein kontakt hatás nem észlelhető. A hatószámítások szerint a testek lefelé véges kiterjedésűek, maguk a testek pedig nem egységes felépítésűek. Mindebből arra lehet következtetni, hogy ezek a magmás kőzetek eredeti helyükről tektonikus mozgások révén elszakított tömbök.

A mérési területen az említetteken kívül új, jelentős nagyságú anomáliát nem találtunk. A Bódvaszilastól É-ra jelentkező, K—Ny irányban erősen megnyúlt, keskeny, 50—80 nT értékű anomália földtani oka még ismeretlen.

### *Térképező geofizikai mérések*

Két területen végeztünk térképezési céllal ellenállás- és mágneses szelvényezést; a Ménes-völgyben és a Haragistya területén (22. ábra).

A Ménes-völgyben 11 szelvény mentén dipól—dipól elrendezéssel ( $a=30$  m,  $n=1—5$ ) mértük a látszólagos fajlagos ellenállást a szeizi homokkő—aleurolit összlet lehatárolására és települési viszonyainak tisztázására.

A szeizi képződmények ellenállása 100  $\Omega$ m-nél kisebbnek adódott, így jól elkülöníthetők a nagy ( $>1500$   $\Omega$ m) ellenállású, középső triász mészkövektől és dolomitoktól. A szeizi rétegek É-i határfelülete az elektromos szelvények szerint É felé meredeken dől, a D-i határfelület dőlését viszont az eredményekből nem lehet megállapítani. A mérési terület középső részén a szeizinél fiatalabb, haránttörésekkel felszabdalt képződmények ellenállása is lecsökkent (250—1000  $\Omega$ m).

A Ménes-völgy kutatása során a völgy K-i felén levő Bányaoldal ércindikációinak kutatását befejeztük. Lehatároltuk a mágneses anomáliát és a táron keresztülmenő szelvényen gerjesztett polarizációs méréseket is végeztünk. A mágneses anomália amplitúdója és kiterjedése is jelentéktelen, a GP mérések pedig nem mutattak szulfidos ércesedésre utaló anomáliát.

A Haragistya területén dipól—dipól szelvényezéssel ( $a=30$  m,  $n=1—5$ ) és VES mérésekkel ( $AB_{\max}=400$  m) kutattuk az anizuszi (wettersteini) mészkőnél fiatalabb összlet (szádvárborosai mészkő, massiger mészkő, hagendrot mészkő, haragistyai mészkő, z lambachi márga) elterjedését és települési viszonyait hat, É—D irányú szelvény mentén (29. ábra). A két Ny-i szelvényen a 100—

500  $\Omega$ m fajlagos ellenállású zóna egyértelműen azonosítható az erősen töredezett, változó felépítésű, fiatalabb összlettel. Innen K—ÉK felé haladva a kis ellenállású képződmények vastagsága és a zóna szélessége is csökken. A földtani térképezés szerint wettersteini dolomittal és mészkővel fedett területen is kaptunk alacsonyabb ellenállás értékeket. Ezek feltehetően a töredezett zónákat, negyedkori, laza üledékekkel borított részeket jelzik.

### 1.2.3 A szarvaskői szinform rétegsora és tektonikája\*

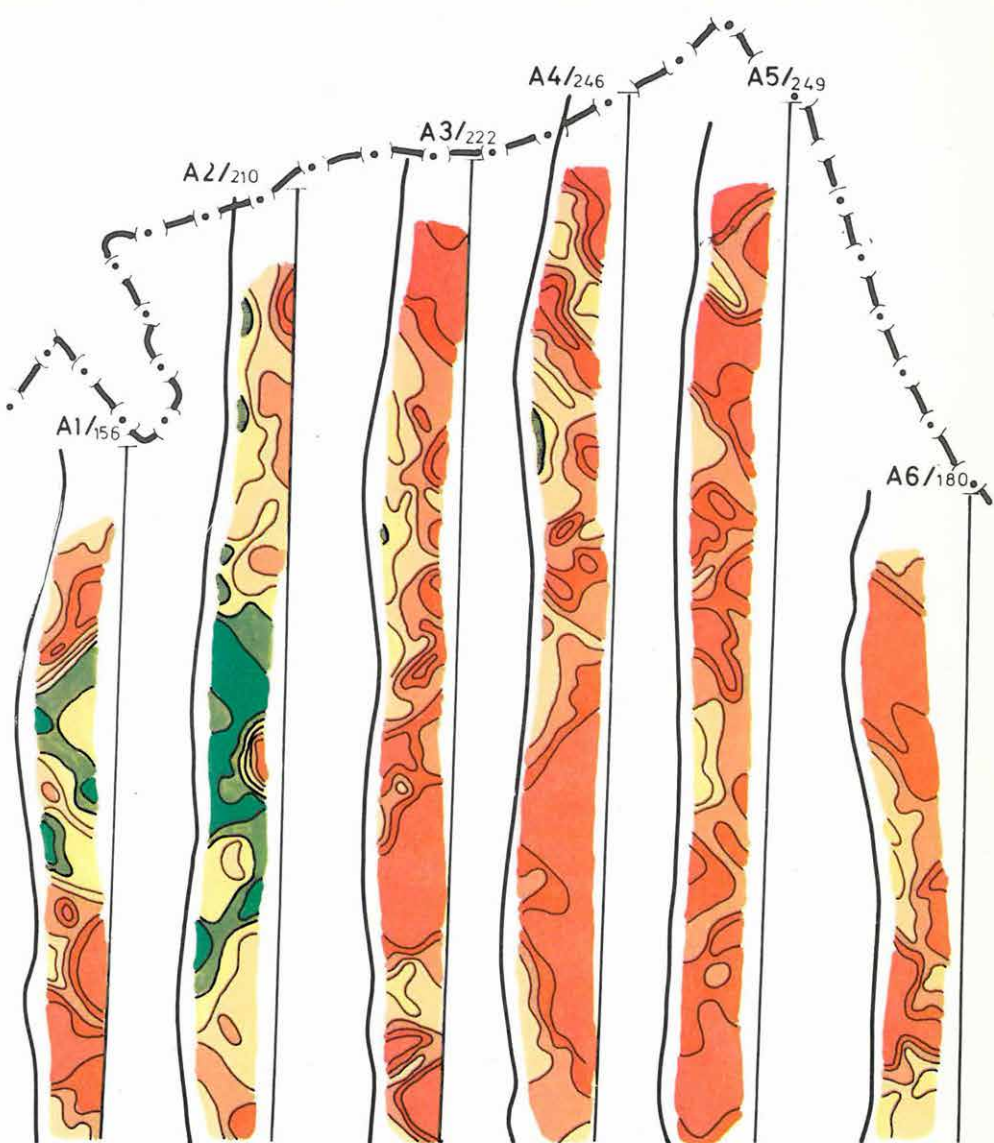
A Bükk hegység tektonikájának egyik alapvető kérdése a szarvaskői bázisos magmatitok helyzete. Hosszú ideig úgy hitték, hogy e kőzetek egy krétabeli hegységképződés során diszlokált idősebb üledékösszletet törtek át, és azon belül részint intruzív testek, részint az erodált felszínre jutott effuzívumok gyanánt szilárdultak meg [SCHRÉTER 1943, SZENTPÉTERY 1953, LENGYEL 1957, PANTÓ 1961]. Ezzel összhangban a magmatitok ÉÉK—DDNy csapású sávokba rendeződését a kitörések helyét meghatározó törések lefutásával hozták kapcsolatba.

A magmatitoknak az üledékekkel egykorú voltát több kutató feltételezte [MEZŐSI 1950, DANK—BODZAY 1971a, 1971b, SZEPESHÁZY 1975, 1977, 1979, 1980, WEIN 1978a, 1978b, HORVÁTH et al. 1977, MAHEĽ 1978] vagy nem tekintette kizártnak [VADÁSZ 1960, BALOGH 1964], de erre vonatkozó, térképpel és szelvényekkel dokumentált leírást csak BALLA et al. [1980, 1981] adott. A magmatitok és üledékek egykorúságának feltételezése együtt járt a vidék takarós felépítésének feltételezésével, de konkrétan a szarvaskői magmás—üledékes sorozatot autochton vagy paraautochton helyzetű, tektonikai ablakban kibukkanó képződmények (az alpi Penninikum analógonjának) vélték [DANK—BODZAY 1971a, 1971b, WEIN 1978a, 1978b, SZEPESHÁZY 1979, 1980]. E képződmények átbuktatott helyzetének és pikkelyes szerkezetének kimutatásával és dokumentálásával együtt allochton helyzetük is feltételezhetővé vált [BALLA et al. 1980, 1981]. Nyilvánvaló lett azonban az is, hogy a szerkezet tisztázása részletes földtani térképezést igényel.

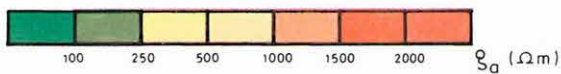
A korábbi földtani térképek csak rajzolatukban és kőzettani felosztásaik részletességében különböztek egymástól, szemléletük gyakorlatilag azonos volt: minden kontaktust elsődleges (rétegtani vagy intruzív) eredetűnek minősítettek, töréseket nem ábrázoltak, a döntő túlsúlyban levő bázisos magmatitokat csak szövetük alapján különítették el (pl. diabázra, gabbró-diabázra és gabbróra), fáciesminősítéseket (effuzív, intruzív képződmények) nem adtak. Már első vázlatos térképünkön [BALLA et al., 1980, 1981] is a magmatitok fáciesminősítését vettük elkülönítési alapul, teljesítve ezzel a BALOGH K. [1964, p. 434] által megfogalmazott jogos igényt. Együttal megállapítottuk: SCHRÉ-

\* Balla Z.





0 500m



tszf 350 m ———— A1/156 1. 2.

29. ábra. Dipol—dipol ellenállás-szelvények a Haragistya területén

1 — a 350 m tengerszint feletti magasságban levő alapvonal, a szelvény nevével és teljes hossz-  
szával; 2 — országhatár

Fig. 29. Dipole—dipole resistivity profiling on the area of Haragistya

1 — base line 350 m above sea level; 2 — national boundary

Рис. 29. Кривые сопротивления ДДЗ в районе Харагистья

1 — опорная линия на высоте 350 м над уровнем моря с указанием наименования и  
полной длины профиля; 2 — государственная граница

TER Z. [1943] térképe helyesen ábrázolja azt a tényt, hogy a magmatitok egy homokkő—agyagpala összlethez kötődnek, amelyet ÉNy-on és DK-en mészkő—agyagpala összlet kísér. Nagy vonalakban tisztáztuk a bázit—agyagpala—homokkő összlet rétegsorát, amelyben felülről lefelé az üledékek egyre homokosabbá válnak, a bázisos effuzívumokat pedig teleptelérekként települő, a mélységgel egyre jobban kristályosodott és egyre jobban differenciálódott bázisos intruzívumok váltják fel.

A felfogásunk alapjául szolgáló terepi megfigyelések hálózata azonban a feltártság adta lehetőségekhez képest nem volt elég sűrű, ezért további sűrítő észleléseket végeztünk.

1979—1982 folyamán 37,2 km<sup>2</sup> területet jártunk be, ahol összesen 1555 észlelési foltot (ezen belül 938 db szálkibúvást) rögzítettünk és 330 ponton mértük a települési elemeket (1. melléklet). Az észlelési hálósűrűség (41,8 pont/km<sup>2</sup>) így kb. az 1:10 000 méretarányának felel meg [Insztrukcija. . . 1956]. Munkáink eredménye a földtani térkép (1. melléklet) és annak rétegtani—szerkezeti elemzése, amelynek az eredményeit jelen tanulmányunk ismerteti.

### *Litosztratigráfia*

A DNy-i Bükkben mezozoos és kainozoos képződmények fordulnak elő. A mezozoikum bonyolultan diszlokált, gyengén metamorf üledékekből és magmatitokból áll, amelyek erodált felszínére éles szögdiszkordanciával, közel vízszintesen települ a kainozoikum.

#### *Mezozoikum*

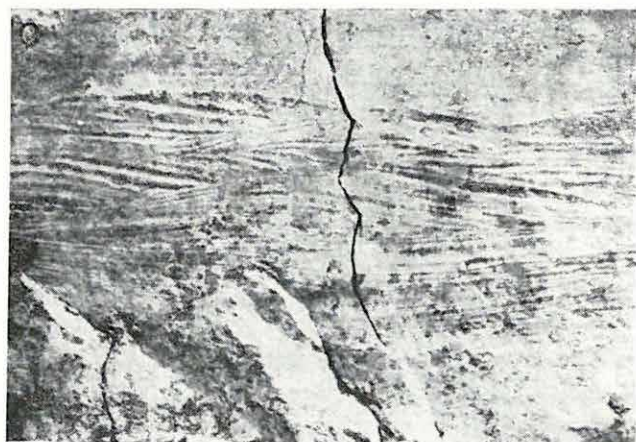
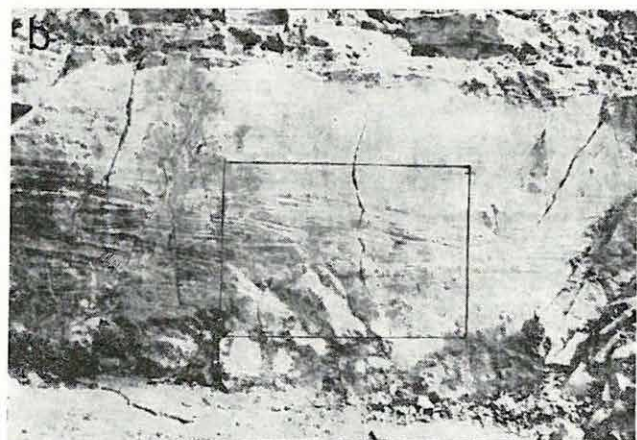
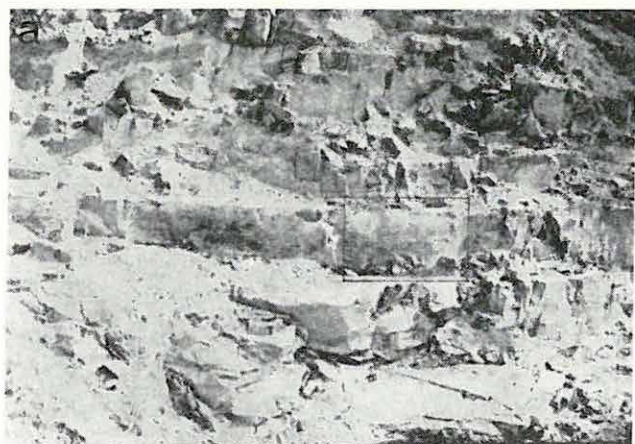
A mezozoos képződmények négy fő litosztratigráfiai egységbe vonhatók össze, amelyeket összleteknek nevezünk. Ezek közül vizsgálatunk fő tárgya a szarvaskői bázit—agyagpala—homokkő összlet. Ezt övezi ÉNy, ÉK és DK felől a mónosbéli mészkő—agyagpala—kovapala összlet, amelynek É-i szegélyén a sándorhegyi vörös-tarka mészkő—kovapala—agyagpala és a fennsíki mészkőösszlet foglal helyet.

#### *1) A szarvaskői bázit—agyagpala—homokkő összlet*

A szarvaskői összletet alkotó üledékek két fő típusát ismertük meg. Az agyagpala általában selymes fényű, változatos színű, de uralkodóan sötétszürke vagy világosbarna. Igen ritkán vörös és zöld agyagpalák is előfordulnak. Rétegződési nyomok csak kontakt-udvarokban ismerhetők fel. Néhol az agyagpalában sötétszürke kovalencsék vannak jelen. A homokkő többnyire világos barnásszürke színű, finom- vagy aprószemű, igen ritkán durvább (gravelitet csak a Közép-bércen találtunk). A homokkő rétegződése is ritkán ismerhető fel; ez esetben gradációs jellegű, ez szolgált alapul az üledékek turbidit- és flisminősítéséhez [BALLA et al. 1980, 1981]. Kisebb szakaszokon lencsés kereszt-



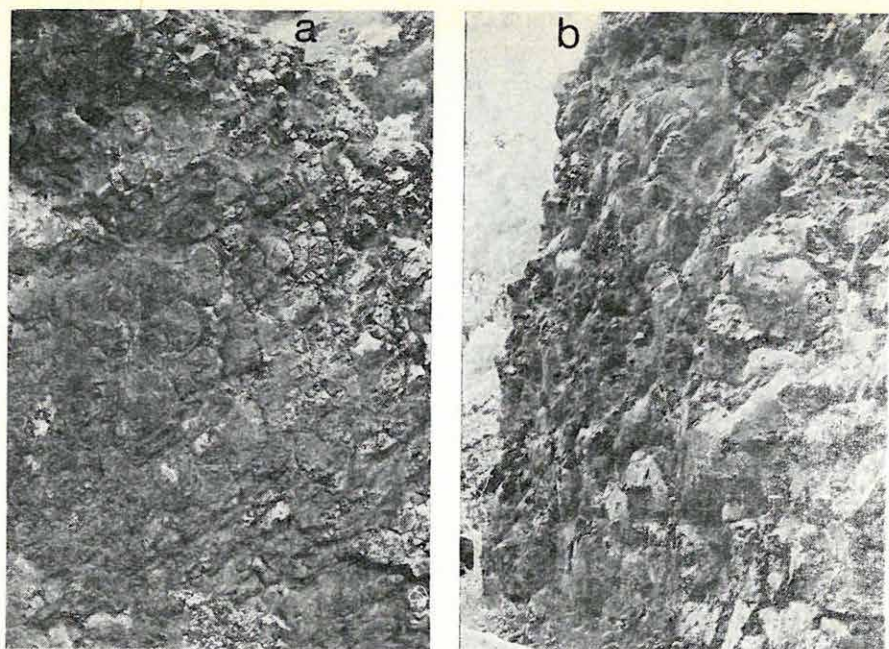
rétegződés figyelhető meg. A gradációs és keresztarétegződés alapján a település normális vagy átbuktatott volta általában megállapítható (30. ábra).



- ◀ 30. ábra. Homokkő teljesen átbuktatott településben (Szarvaskői összlet, bélkői kőbányába vezető új műút legfelső szakasza)
  - a) a feltárás képe a b) fénykép körvonalával
  - b) részben párhuzamos, részben keresztrétegzett homokkőpad részlete a c) ábra körvonalával (a keresztrétegzett szakasz élesen elkülönül)
  - c) a keresztrétegzett szakasz határának egy részlete (a keresztrétegzett lencsék alakja világosan mutatja az átbuktatott települést)
- ◀ Fig. 30. Sandstone in overturned structural position (Szarvaskő complex)
  - a) the outcrop with the frame of photo b)
  - b) partly concordant, partly cross-bedded sandstone with the frame of photo c)
  - c) boundary of the cross-bedded sandstone (shape of the cross-bedded lenses shows overturned position)
- ◀ Рис. 30. Песчаник в полностью опрокинутом залегании (сарвашкёйская свита, конечный отрезок нового шоссе, ведущего в каменоломню на горе Белкё)
  - a) общий вид обнажения с контуром фото b)
  - b) частью параллельная, частью косая слоистость в песчанике с резкой границей между ними; обозначен контур фото c)
  - c) фрагмент контакта косослоистой пачки; форма косослоистых линзочек четко показывает опрокинутость залегания

A *magmatit*okat első megközelítésben két csoportra bontottuk: effuzívumokra és intruzívumokra. A bazaltos összetételű effuzívumok terepi minősítése az esetek döntő többségében a párnaszerkezet (31. ábra) felismerésén alapult. Az intruzívumok minősítésének alapja a változó, részben jelentős fokú kristályosság és a mellékkőzetre gyakorolt termális hatás volt. Rendkívül kevés az olyan test, amelynek esetében kételyeink maradtak az effuzív vagy intruzív eredetét illetően, így a két fácies térképi elkülönítése gyakorlatilag maradéktalanul megvalósult. Az intruzívumokat elsősorban földtani testeknek (és nem kőzetféleségnek) tekintettük s úgy találtuk, hogy két fő típusuk különíthető el. A gyengén differenciált intruzívumok belső felépítése meglehetősen homogén, vagyis összetételük és szövetük egy-egy testen belül kevésbé változik. Jellemző a finomszemű szövet, kézipéldányban a kőzet néha alig különböztethető meg az effuzív bazaltoktól; a feltárásokban uralkodó paralelepipedon jellegű elválásuk azonban világosan eltér a párnalávák megjelenési módjától. Az erősen differenciált intruzívumok összetétele és szövege határozottan ingadozik: az első részint a bázisosabb—melanokrátabb, részint a savanyúbb—leukokrátabb kőzetek irányába, a második a finomszeműtől egészen a durva-, sőt óriászeműig. Ezek a kőzetváltozatok azonban csak egy-egy nagyobb feltáráson belül különíthetők el, térképi szétválasztásuk a meglevő feltérési hálózat alapján nem valósítható meg, ezért ettől eltekintettünk. Az intruzív testek két típusa jóval kevésbé határozottan különbözik egymástól, mint az effuzívumoktól, így megkülönböztetésük is kevésbé biztos.





31. ábra. Párnaszerkezet a szarvaskői Várberc-szurdok bazaltjában

a) harántmetszet

b) hosszmetsetben kipreparált párnák

Fig. 31. Pillow structure in the basalt of Szarvaskő, Várberc gorge

a) cross section

b) surface with washed out pillows

Рис. 31. Подушечные лавы в ущелье Варберц близ Сарвашкё

a) поперечные сечения подушек

b) отпрепарированные подушки в продольном сечении

A szarvaskői öszzlet *rétegsorában* az üledékek két tagozatba sorolhatók: a felsőben csak agyagpala van jelen (néhol esetleg aleurolittal); az alsó tagozatban az agyagpala homokkővel váltakozik. A tagozat-elhatárolás kritériuma így felülről lefelé az első homokkő-feltárás megjelenése, ami érthetően a feltárt-ságnak is függvénye. Ezért — bár a két tagozat létezését valószínűnek vehet-jük — a térképen megjelölt határuk helyzete mindenütt bizonytalan. A felső tagozat közepe táján egy kb. 400 m vastagságú párnaláva rétegcsoport települ, ez alatt mindkét üledékes tagozatot teleptelések járják át. A felső teleptelések javarészt a gyengén-, a mélyebb rétegtani helyzetűek viszont kivétel nélkül az erősen differenciált intruzívumok csoportjába tartoznak. A legmélyebb hely-zetű gabbrótestek rétegtani távolsága az effuzív rétegcsoporttól nemigen ha-ladja meg a 2 km-t, következésképpen valamennyi szarvaskői intrúzió a szub-vulkáni fáciesbe tartozik. A több helyütt észlelhető, igen jelentős kristályosság



és differenciáltság minden bizonnyal a vízben gazdag mellékkőzet hatását tükrözi („transzvizaporizáció”), ezt azonban külön munkában [BALLA et al. 1983] tárgyaljuk.

## 2) *A mónosbéli mészkő—agyagpala—kovapala összlet*

A mónosbéli összlet homokkőve teljesen, agyagpalája jórészt ugyanolyan, mint a szarvaskői összleté, az agyagpala gyakorta világosabb. A mészkő különböző árnyalatú szürke színű, vastagabb padostól a vékony lemezességig változó megjelenésű, különböző mértékben, de többnyire tűzköves. A kovapala uralkodóan szürke, ritkábban zöldes vagy rózsás—lilás színű, egyes esetekben sötétszürke, homogén, lemezes, máskor változó színű, breccsás—szilánkos.

A mónosbéli összlet kifejlődési típusai közül legelterjedtebb és a szarvaskői összlethez litológiaiilag legközelebb álló az „olisztolitos agyagpala”. Uralkodóan agyagpalából áll, gyakori mészkő-olisztolitokkal (32. ábra); ezek többnyire határozott szintekre tömörülnek, amelyek között az agyagpala teljesen olisztolit-mentes is lehet. Az agyagpalába ágyazott törmelék (olisztolitok?) anyaga homokkő és sötétszürke kovapala is lehet. Mindhárom kőzetféléseget észleltük rétegszerű közbetelepülésekben is, amelyek akár nagyobb olisztolitok is lehetnek. Egy-egy agyagpala-feltáráson belül kovapala mind mészkő, mind homokkő társaságában előfordulhat, de mészkövet és homokkövet még biztos olisztolitok formájában sem észleltünk együtt. Ugyanakkor a mészkő- és homokkő-olisztolitokat és -rétegeket tartalmazó feltárások gyakran olyan szoros térbeli társulásban vannak egymással, hogy térképi elkülönítésük nem sikerült, bár néhol jelentős foltok vannak, ahol csak mészkő (és kovapala) vagy csak homokkő (és kovapala) társul a túlsúlyban levő agyagpalához. Lehetséges, hogy mindeme képződmények két vagy több rétegtani egységbe tartoznak, azonban e kérdés tisztázása további vizsgálatokat igényelne.

Tulajdonképpen az előző, „vegyes” kifejlődési típus „tisztá” részletének tekinthető egyrészt egy uralkodóan kovapalás, másrészt egy uralkodóan mészköves kifejlődés, amelyet ott különítettünk el, ahol az térképezhető földtani testeket alkotott. A Békő-vonulat Ny-i végére eső kovapala-egységen belüli agyagpala- közbetelepülések mészkő-olisztolitokat tartalmaznak, ami az előző kifejlődési típussal fennálló rokonságot hangsúlyozza. A többi kovapala-test jóval kisebb, és gyakorlatilag közbetelepült lencsének tekinthető.

Az uralkodóan mészköves kifejlődés többnyire lemezes mészkőből áll, néhol világos agyagpalával váltakozva. Térképi elkülönítése az „olisztolitos agyagpalá”-tól csak szálibúvások alapján oldható meg, törmelékanyaguk gyakorlatilag egyforma. Eme „lemezes mészkő” tömeges változatának tekinthető a „tűzköves mészkő” minősítésű képződmény, amely ÉNy-on az Almásitető — Hársas-bérc körzetében és attól DNy-ra kisebb-nagyobb lencséket képez a „olisztolitos agyagpalá”-ban.



32. ábra. Szürkés mészkő olisztolitok világosszürkés agyagpalában (mónosbéli összlet, olisztolitos agyagpala tagozat). A műút bevágása a Tardosi kőbányától É-ra

Fig. 32. Grey limestone olistoliths in light grey shale (Mónosbél Formation)

Рис. 32. Олистолиды серых известняков в глинистых сланцах (моношбельская свита). Выемка шоссе к северу от каменоломни Тардош

### 3) A sándorhegyi vörös-tarka összlet

A sándorhegyi összlet lemezes mészkőből, kovapalából és agyagpalából áll, sűrű váltakozásban. Megkülönböztető jellege, hogy a kőzetek jelentős része vörös vagy rózsás színű. Kovapalái gyakorlatilag a mónosbéli összletben előfordulók nagy részével azonos külleműek.



#### 4) A fennsíki mészkő összlet

A fennsíki mészkő világosszürke finoman sávós; megjelenését tekintve azonos a mónosbéli összlet vastagpados „tűzköves mészkő”-vével, de tűzkövet legfeljebb elvétve tartalmaz.

#### 5) A szarvaskői és mónosbéli összlet elkülöníthetőségéről

Az elkülönítés során diagnosztikai kritériumként alkalmaztuk a szarvaskői összletben magmatitok, a mónosbéli összletben mészkövek jelenlétét. Ehhez az a tény adott alapot, hogy a magmatitok és mészkövek kibúvásainak burkolóvonalai sehol sem metszi egymást, vagyis ez a két kőzet térben világosan elkülönül. Szorosabb közelségbe csupán egyetlen helyen (a Tardosi kőfejtőtől ÉNy-ra levő vasúti bevágásban és közvetlenül amellett, a Szappanos-völgy torkolatának két oldalán) kerülnek egymáshoz, de ezek az érintkezések tektonikusak; így ez a közelség nem cáfolja fenti megállapításunkat.

Eme világos és bizonyítható diagnosztikai kritérium ellenére a két összlet elkülönítése nem teljesen problémamentes, még akkor sem, ha a magmatit- és mészkő-kibúvások távolságából adódó határmegvonási bizonytalanságtól eltekintünk. A szarvaskői vasútállomás bevágásában, a szarvaskői összlet térképi sávjának középvonalában, mészkő-olisztolitok vannak, ami diagnosztikai kritériumunkból kiindulva úgy lenne magyarázható, hogy itt egy kis foltban a mónosbéli összlet jelenik meg. Az olisztolitok ritkasága miatt azonban térképi elkülönítése itt nem lehetséges.

Ugyanide tartozó probléma a kovapalák megjelenése a szarvaskői összlet elterjedési területén belül, így a Tóbérctől Ny-ra, továbbá a Nevetlen-lápa ÉK-i oldalában, mindkét esetben az alsó, homokköves tagozat területén. Különösen furcsa ez, ha figyelembe vesszük, hogy diagenetikus kovagumókból származó kovalencsákat csak a felső, agyaggalás tagozatban észleltünk. Így felmerül a gyanú: nem a mónosbéli összlet fragmentumaival van-e itt dolgunk. E lehetőség realizálódása még valószínűbb a szarvaskői összlet elterjedési területének peremvidékén előforduló kovapalák esetében (a Homonna-tetőtől Ny és ÉNy felé).

Végül ugyanebbe a problémakörbe tartozónak véljük azt is, hogy nem tisztázódott megnyugtatóan: vannak-e homokkő-rétegek a mónosbéli összlet agyagpalái közt, s ha vannak, biztosan ebbe és nem a szarvaskői összletbe tartoznak-e.

Mindhárom probléma (mészkő-olisztolitok és kovapalák a szarvaskői és homokkő-rétegek a mónosbéli összletben) egy olyan lehetőséget körvonalaz, hogy a szarvaskői és a mónosbéli összlet képződményei néhol annyira összeolvadnak, hogy az általuk képezett szerkezet a jelenlegi feltártsági viszonyok mellett nem fejthető meg. A Tardosi kőfejtővel szembeni vasúti bevágáson



kívül még két területrészen találunk olyan közbeékelődést, amelyet ugyan térképünkön megszerkesztettünk (vagyis látszólag megoldottunk), de amelynek értelmezésével adósak maradunk. Egyik ilyen területrész a Méh-patak völgyének É-i oldala, ahol a mónosbéli tűzköves mészkő és olisztolitos agyagpala egy keskeny sávban megszakítja a szarvaskői teleptelések sorozatát, a másik a Mellér-völgy K-i oldala, ahol egy párnaláva sáv nyúlik be (mészkőmentes üledékek kíséretében) a mónosbéli mészkövek és olisztolitos agyagpalák közé.

A vázolt elkülönítési bizonytalanságok következtében a szarvaskői és a mónosbéli összlet litológiai jellemzése és így litosztratigráfiai tartalma nem tekinthető lezártnak.

#### 6) Az összletek rétegtani viszonyairól

Az elkülönített négy összlet rétegtani viszonyát illetően megbízható közvetlen adatunk nincs, így csak megfontolásokra vagyunk utalva, amelyek közül első helyen áll a litológiai jellegek összevetése. Az összletek közös kőzetféléseinek (pl. mészkő, agyagpala, homokkő, kovapala) nagyfokú hasonlósága szoros rétegtani kapcsolatra enged következtetni. Közelebbről szemügyre véve e hasonlóságot, megállapíthatjuk, hogy a többtől leginkább a fennsíki mészkő különül el, mivel típusos kőzete nincs jelen a másik három összlet egyikében sem, míg azok mindegyike a többiben is meglevő kőzeteket is tartalmaz. Ilyen a vöröses-zöldes, breccsás—szilánkos kovapala, amely mindhárom összletben jelen van, a vékonylemezes szürke tűzköves mészkő (a sándorhegyi és mónosbéli összletben), a sötétszürke agyagpala és a homokkő (a mónosbéli és szarvaskői összletben). A litológiai rokon vonások alapján az összletek az alábbi sorba állíthatók: szarvaskői—mónosbéli—sándorhegyi, ami térbeli elrendeződésüknek is megfelel.

A szarvaskői összleten belül megfigyelhető szemcsefinomodást (a rétegsorban felfelé) tendenciaként alapul véve, az előbbi sor az összletek rétegtani sorrendjeként is felfogható lenne. Ebben két nehezen érthető mozzanat van: homokkő jelenléte a mónosbéli összletben és kovapala jelenléte a szarvaskői összlet alsó tagozatában. Az előző részben tárgyaltak nyomán körvonalázódott a megoldás lehetősége, ezért a térképünkön ábrázoltak ellenére a terület elvi rétegsorában (33. ábra) mindkét kőzetet kizártuk az említett összletekből. Egyúttal — az általános litológiai jellegek figyelembevételével — lehetőséget látunk arra, hogy — kizárólag előzetes jelleggel — a mónosbéli összletet is két részre: egy alsó, olisztolitos—agyagpalás, és egy felső, mészköves tagozatra osszuk.

A fennsíki mészkőnek a többivel fennálló rétegtani viszonyát illetően nincs semmi támpontunk. Akár idősebb vagy fiatalabb is lehet mindhárom összletnél, akár azok heteropikus fáciése is lehet. E szempontból rendkívül fontos lenne azt tisztázni, hogy jelen van-e a mónosbéli összlet olisztolitjai között a fennsíki mészkő biztos analógja.

A kainozoikumban két összletet: egy miocén és egy kvarter korút különítettünk el.

### *1) Miocén*

A miocént laza képződmények képviselik, rendkívül rossz feltártsággal. Ezért rétegsoráról nem alkothattunk fogalmat. Kibúvárait három fő közettípus alkotja: homok, kavics és riolittufa. Korára ezen utóbbi jelenléte az egyetlen bizonyíték. Riolittufát csak a terület D-i részén észleltünk, ahol a miocén összlet vastagsága már legalább 40—50 m, ebből következően a riolittufát az itteni miocén összlet magasabb szintjeibe kell sorolnunk, alatta tisztán üledékes rétegeket tételezve fel.

Feltárásokban a miocén üledékek települése gyakorlatilag vízszintes, míg térszíni helyzetük erősen ingadozó. Ennek oka részben elsődleges terepegyenetlenség, részben talán utólagos tektonika lehet. A miocén üledékek az eruptívum-vonulat DNy-i felének két oldalán jelennek meg a laposabb tetőkön, gerinceken és lejtőkön. Eredetileg valószínűleg az egész vonulatot lefedték, s csak utólag pusztultak le róla. A miocén üledékek feksze a mélyen bevágódott vízmosásokban rendszeresen jóval magasabban van, mint a köztes lapos hátakon. Ez valószínűleg negyedidőszaki csuszamlás vagy áthalmozás következménye, azonban az eredeti helyzetben maradt és az utólagosan lejjebb került, akár áthalmozott miocén üledékek elkülönítésére az adott feltártság mellett nem válalkozhattunk.

### *2) Kvarter*

Kvarter üledékeket kizárólag morfológiai alapon különítettünk el a szélesebb völgyekben, ott, ahol az észlelési anyag alapján nem volt világos, hogy milyen képződmény várható alattuk. Helyzetük szerint főleg alluviális, a mellékvölgyekben inkább proluviális eredetűek.

## *Tektonika*

Szarvaskő környékén a mezozoos képződmények szerkezete meglehetősen bonyolult, amit földtani térképünk (1. mell.) csak igen nagy vonalakban szemléltet. Szerkezeti elemzésünk alapja egyrészt ez a térkép, másrészt egy sor olyan megfigyelés, amelyet térképünkön nem tudtunk ábrázolni. A fő figyelmet a mezozoos képződmények tektonikájára fordítjuk, előbb szerkezeti formaelemeiket tárgyalva, majd ennek alapján mechanikai elemzést adva. A miocén képződmények szerkezetét éppen csak érintjük.

| I.                   |  | II.  | III.         | IV.   | V.  | VI.            |
|----------------------|--|--|--------------|---|---|----------------|
| Összet.              |  | Szerkezeti egység  | Vastagság, m | Rétegösszlop  | Üledékes kőzetek  | Magmás kőzetek |
| A. s z a r v a s z a | C. sándor-hegyi  | A szinorm ENy-i szárnyán a <sub>1</sub> , A szinorm ENy-i részén b <sub>1</sub> nyáknak DNY-i részén |              | <p>1. Mész-kő, kova-és agyagpala, uralkodóan vörös vagy rózsás színű, sűrű váltakozásban vagy rétegcsoportokba különülve</p> <p>2. Mész-kő, szürke, gyakran tűzköves, általában lemezes, ritkábban vékonypados, néhol világos agyagpala</p> |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
| B. m ó n o s b é l i | A szinorm ENy-i szárnyán a <sub>1</sub> , A szinorm ENy-i részén b <sub>1</sub> nyáknak DNY-i részén | A szinorm ENy-i szárnyán a <sub>1</sub> , A szinorm ENy-i részén b <sub>1</sub> nyáknak DNY-i részén |              | <p>3. Agyagpala, sötét- és világos-szürke, egyes szakaszon mészkő-olisztolitokkal, tetején tűzköves mészkő betelepülésekkel, néhol kovapala- vagy kovás agyagpala-szakaszokkal</p>  |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
| A. s z a r v a s z a | B. m ó n o s b é l i   | A szinorm ENy-i szárnyán a <sub>1</sub> , A szinorm ENy-i részén b <sub>1</sub> nyáknak DNY-i részén |              | <p>4. Agyagpala, sötétszürke és világosbarna</p>  | <p>6. Bazalt (párnaláva)</p>  |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
| A. s z a r v a s z a | B. m ó n o s b é l i   | A szinorm ENy-i szárnyán a <sub>1</sub> , A szinorm ENy-i részén b <sub>1</sub> nyáknak DNY-i részén |              | <p>4. Agyagpala, sötétszürke és világosbarna</p> <p>5. Agyagpala, aleurit, homokkő</p>  | <p>7. Gyengén differenciált teleptelések</p> <p>8. Erősen differenciált teleptelések (gabbró, ultrabázit, diorit...stb)</p> |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
| A. s z a r v a s z a | B. m ó n o s b é l i   | A szinorm ENy-i szárnyán a <sub>1</sub> , A szinorm ENy-i részén b <sub>1</sub> nyáknak DNY-i részén |              | <p>5. Agyagpala, aleurit, homokkő</p>   | <p>8. Erősen differenciált teleptelések (gabbró, ultrabázit, diorit...stb)</p>  |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |
|                      |  |  |              |   |   |                |



A szerkezeti formaelemek két fő csoportja (redők és törések) közül térképünkön csak a törések szembeötlőek. Ismeretes azonban, hogy a törések jelentős része gyűrődéshez kapcsolódik, s a redőelemekhez képest törényszerűen helyezkedik el. Ezért elemzésünket a gyűrt formaelemekkel kezdjük, amelyek vizsgálata a szerkezet tisztázásának legfontosabb része.

### 1) Redők

A térképi ábrázolhatóság szempontjából a redők három kategóriája különböztethető meg: (1) olyan kisméretű redők, amelyek egy-egy feltáráson belül közvetlenül megfigyelhetők ugyan, de térképen nem ábrázolhatók; (2) olyan közepméretű redők, amelyeket konkrét vezetősíntek térképi lefutása közvetlenül ábrázol; (3) olyan nagyméretű redők, amelyek létre csak a térkép elemzésével derül fény. E kategóriák mérethatárai a térkép méretarányától függenek. Területünkön a felvétel számára legideálisabb közepméretű (esetünkben néhány száz m-től 1—2 km-ig) redőkkel nem találkozunk, így csak kis- és nagyméretű redőket tárgyalunk.

### 33. ábra. A szarvaskői szinform elvi rétegsora

Fig. 33. Stratigraphic column of the Szarvaskő synform

I — formation; II — structural unit; III — thickness in m; IV — lithological column; V — sedimentary rocks; VI — magmatic rocks. A — Szarvaskő; B — Mónosbél; C — Sándorhegy. a — the core of the synform; b — the SW part of the NW flank of the synform; c — the main effusive range in the NW part of the synform; d — the NW flank of the synform; e — the SE flank of the synform; f — the NE closing of the synform; 1 — red and variegated cherts, limestones and shales; 2 — cherty limestones alternating with light grey shales; 3 — grey shales with limestone olistholiths and lenses; 4 — shales, dark grey to light brown; 5 — shales, siltstones, sandstones; 6 — basalts (pillow lavas); 7 — slightly differentiated sills (basalts, fine-grained gabbros); 8 — strongly differentiated sills (gabbros, ultramafics, diorites, etc.)

Рис. 33. Принципиальная стратиграфическая схема Сарвашкёйской синформы

I — свиты; II — структурные единицы; III — мощности в метрах; IV — колонка; V — осадочные породы; VI — магматические породы. А — сарвашкёйская; В — моношбельская; С — шандорхедьская; а — ядро синформы; б — ЮЗ-ная часть СЗ-ного крыла синформы; с — главная полоса эффузивов в СЗ-ной части синформы; д — СЗ-ное крыло синформы; е — ЮВ-ное крыло синформы; ф — северное замыкание синформы; 1 — известняки, кремнистые и глинистые сланцы, в основном красные или розовые, в частом переслаивании или обособляясь в пакки; 2 — известняки, серые, часто с кремнями, обычно тонкоплитчатые, реже толстоплитчатые, местами с прослоями светлых глинистых сланцев; 3 — глинистые сланцы, темно- и светлосерые, местами с олистолитами известняков, в верхней части с прослоями известняков с кремнями, нередко с кремнистыми или кремнисто-глинистыми сланцами; 4 — глинистые сланцы, темносерые до светлосерых; 5 — глинистые сланцы, алевролиты и песчаники; 6 — базальты (подушечные лавы); 7 — слабо дифференцированные силлы (базальты, мелкозернистые габбро); 8 — сильно дифференцированные силлы (габбро, гипербазиты, диориты и т. п.)

#### *a) Kisméretű redők*

Kisméretű (esetünkben legfeljebb néhány m-es) redőket csak néhol észlelünk. A redőket kirajzoló hajlott felületek egymástól való távolsága nem állandó, a szárnyakon rendszeresen kisebb, mint a hajlatokban, így a redők alakjellegeiket tekintve a hasonló redők kategóriájába tartoznak. Az ilyen típusú redők képződését a redőtengelysíkkal közel párhuzamos palásodás kíséri. A DNy-bükki üledékes kőzetek szinte mindegyike palás, nemritkán több irányban is. A redők és az uralkodó paláság viszonyát illetően két esettel találkozunk. Az egyikben a paláság helyzete megfelel a várhatónak, vagyis a redőtengelysíkjaival párhuzamos. A másokban azonban maguk a palásági síkok gyűrődtek redőkbe, s a redőtengelysíkjaival párhuzamos paláság alárendelt szerepet játszik.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a redők két kategóriája különböztethető meg: az első kategóriába tartozó redők létrejöttével kapcsolatos az uralkodó palásodás, míg a második kategóriába tartozó redők eme paláság gyűrődésével keletkeztek. A paláság utólagos gyűrődése gyakran igen kis méreteken is észlelhető, ráncok, mikroredők alakjában.

#### *b) Nagyméretű redők*

Nagyméretű redők kimutatása — definíciónk szerint — csak a térkép elemzésével lehetséges. A szarvaskői összletet alkotó képződmények térképi rajzolatának legszembeötlőbb szerkezeti vonása az, hogy mind a párnaláva-, mind a fő gabbró-vonulat ÉK-en patkószerűen visszakanyarodik. Az effuzívumok („diabázok”) esetében ez már a régebbi földtani térképeken is felismerhető, bár a „patkó” DK-i szárnya ezeken még elég rövid, s DNy felé nem „ér le” a gabbróig. Térképezésünk — az általános rajzolat szempontjából — elsősorban az eruptívum-terület DK-i szárnyán hozott új eredményt: bebizonyosodott, hogy nemcsak az effuzívum-, hanem a gabbró-vonulat is patkószerűen visszahajlik (amint az egyébként a földmágneses térképen régóta látható), s hogy ez a „gabbró-patkó” egy nagyobb méretű „effuzívum-patkó” belsejében helyezkedik el. Ez a két egymásban levő „patkó” másként, mint redőalakulatként, nemigen fogható fel, s ezt tartjuk a szarvaskői szerkezet értelmezési kulcsának.

A szarvaskői összlet peremén mért dölések szinte mindenütt befelé, az összlet alá irányulnak, így a redőalakulat szinklinális jellegűnek adódik. Egyetlen kivétel az ÉNy-i szárny DNy-i szakasza, ahol a képződmények kifelé dőlnek; településük azonban itt átbuktatott [BALLA et al. 1980, 1981], vagyis összhangban marad a szinklinális-jelleggel.

A szarvaskői és a mónosbéli összlet határa, amely a szinklinális jellegű szerkezetet végig szépen kirajzolja, nem értelmezhető rétegtani határként: csapása



mentén a két összlet más és más részei bukkannak fel egymás mellett. Az összletek érintkezési övében sok helyütt látunk intruzív kőzetekből álló apró kőzettesteket, amelyeknek térképi mérete és alakja arról tanúskodik, hogy a befogadó agyagpalában átmozgatott helyzetben vannak. Ugyanerre mutat a kontaktudvar hiánya körülöttük, továbbá az, hogy valamennyi feltárt érintkezésük szerkezeti. A két összlet határát tehát tektonikus eredetűnek kell minősítenünk. Így mai településük rétegtani sorrendjüktől független, vagyis az általuk képezett redőalakulat nem szinklinálisnak, hanem *szinform*nak minősítendő [Gloszary ... 1972].

Hasonló a helyzet a redőalakulat magjában települő „gabbró-patkó” és környezete viszonyával is. Ha azt tételeznénk fel, hogy a gabbró és befogadó kőzete az effuzív rétegcsoporthoz viszonyítva közelítőleg eredeti rétegtani helyzetben van, érthetetlené válnék, miért települ a gabbró itt is homokköves rétegsorban, akárcsak az effuzív rétegcsoporttól ellentétes (ÉNy-i) irányba eső szakaszon, míg az effuzívumok mellékkőzete gyakorlatilag homokkőmentes agyagpala; nehezen lenne elfogadható, hogy a gabbró-intruzióknak valamilyen „affinitás”-uk van a rétegsor homokköves szakaszai felé. Emellett normális rétegtani sorrend esetén két önálló magmás fázist kellene feltételeznünk, vagy az effuzívumok és intruzívumok önálló fázisba sorolásával, vagy az intruzívumok kettészakításával (egy részüket — az ÉNy-i szárnyon települőket — meghagyva az effuzívumokkal egykorúnak, más részüket — a magban települőket — fiatalabbnak véve). Mindaz, amit a kőzettani jellegekről tudunk, elmentmond bármiféle szétszakításnak. Egyszerűbbnek és a tényanyaggal jobban összeegyeztethetőnek tűnik, ha a szinform magjában települő „gabbró-patkó”-t ugyanazon magmás és üledékes sorozat legmélyebb tagjának tekintjük. Ez azonban annyit jelent, hogy a „gabbró-patkó”-t magában foglaló egységet körülhatároló kontaktus teljes hosszában tektonikus eredetű.

A szinform felépítésében tehát három egység vesz részt: a magban a szarvaskői összlet alsó része, körülötte ugyanazon összlet középső és felső része, végül akörül a mónosbéli összlet. A három egység egymással tektonikus érintkezésben van, s a szinform-szerkezetből következően egymás fölött települ, mónosbéli — felső-szarvaskői — alsó-szarvaskői sorrendben, amely az üledékek finomodásából feltételezhető rétegtani sorrenddel éppen ellentétes. Kontaktusaik tektonikus volta és egymásfelettségük annyit jelent, hogy ezek az egységek *tektonikai takarók*, ami frappáns magyarázatot ad a rétegtani sorrenddel ellentétes településre. A szinformot tehát tektonikai takarók képezik, vagyis eme redőalakulatban a takarók gyűrődtek. A dőlések túlnyomó részét palásságon mértük, így ez a meggyűrődés egyúttal palásodás utáinak minősíthető.

A szinform tengelye ÉÉK-től DDNy felé dől, legalábbis a Sőhely-oromig bezárólag, mintegy 6 km csapáshosszban. A további 2,5 km-en a kép zavarossá válik, részben a miocén üledékekkel való nagyfokú fedettség miatt. Az intruzív testek méreteinek csökkenését és kevésbé differenciált, vagyis magasabb



rétegtani szintekben települő féleségeik megjelenését legegyszerűbben a színform-tengely további sülyyedése magyarázza.

A színform ÉK-i záródása határozottan kétsúcú, ami annak a jele, hogy a színform közepe táján egy másodrendű antiform húzódik, két oldalán egy-egy másodrendű színformmal. A dőlésirány-váltás kb. a Keselyűkő—Tardos-bérc—Homonna-tető effuzívum-vonulattal esik egybe, vagyis a két másodrendű színform közül az ÉNy-i-ban van, azon belül is az ÉNy-i szárnyhoz közelebb. Így tehát a takarók által alkotott redők egészükben véve határozottan aszimmetrikusak: ÉNy-i szárnyuk meredek, a DK-i laposabb.

A földtani szelvényeket (2. melléklet) a mondottak figyelembevételével szerkesztettük. A felszíni kép rendkívüli bonyolultsága miatt a konkrét kőzetesetek és töréseket a mélység felé legfeljebb 200—300 m mélységig extrapoláltuk, a mélyebb részekben csak a takarókat elválasztó áttolódási felületek helyzetét tüntettük fel. A szerkesztés során mindenütt a legkisebb dőlésszögeket vettük figyelembe, így a takarókból álló redők a valóságban esetleg jóval meredekebbek, összenyomottabbak, vagyis az általunk ábrázoltnál mélyebbre nyúlhatnak.

## 2) Törések

Feltárásokban csak kevés törés észlelhető, túlnyomó részük szerkesztési „megoldás”-ként került a térképre; így a törésháló annak talán a legszubjektívabb része. Ennek ellenére úgy tűnik, hogy néhány általános következtetés kielégítő objektivitással vonható le. Az ábrázolt törérendszer a valóságosnál nyilvánvalóan jóval ritkább, s az effuzívumok és üledékek kontaktusa valószínűleg szinte minden esetben tektonikus jellegű. Erre mutat az effuzív rétegcsoport vastagságának jelentős csapásmenti ingadozása, az effuzívumokból álló testek egy-egy harántszelvényben megfigyelhető számának változása, a kis vastagságú effuzívum-testek szórványos megjelenése és rossz követhetősége, továbbá a befogadó agyagpala bepréselődése az effuzívumok repedéseibe és effuzívumtömbök beszakadozása az agyagpalába kontaktusaik közelében. Mindezen túlmenően számos feltárásban észleltünk olyan töréseket, amelyek nem voltak tovább követhetők.

Térképünkön csak azokat a töréseket ábrázoltuk és csak azokat a kontaktusokat minősítettük tektonikus eredetűnek, amelyeknél az elvetés, vagy legalább az elmozdítás biztosnak látszott; vagyis amelyekre „szükség volt” a szerkesztés során. Tulajdonképpen mindenütt, ahol az effuzívumok harántszelvényben megismétlődnek vagy intruzívumokkal váltakoznak (pl. a szarvasközi Várberctől K-re), hosszanti törések feltüntetésére lett volna szükség, amittől — a többinél jóval nagyobb szubjektivitása miatt — eltekintettünk.

A törések között hosszanti, haránt- és átlós irányúakat különböztettünk meg. A hosszantiak közül a fentebb vázolt okok miatt csak néhányat tüntettünk

fel. Ezek közül kiemelkedő jelentőségűnek látszik a Keselyűkő—Tardosbérc vonulat ÉNy-i oldalán húzódó hosszanti törés, amely egyrészt elválasztja a szarvaskői összlet felső és középső részét, másrészt lezárja valamennyi nekifutó haránt- és átlósirányú törést. Annak ellenére, hogy ez a helyzet az észlelési anyagból eléggé világos (az effuzív rétegcsoporthoz tartozó haránttörések nem követhetők a teleptelér-sorozatban), jellege és összefüggése a takaróképződéssel homályos maradt. Egyenes vonalú, domborzattól független lefutásából ítélve, e törés meredek, közel függőleges dőlésű. ÉK-i folytatásába esik a miocén üledékek éles határa, ami mind miocén utáni elvetésként, mind a törés által létrehozott premiocén tereplépcső következményeként értelmezhető. A térkép a második felfogást tükrözi.

A haránttörések közül kiemelkedő szerepű az a töréscsoport, amely ÉK felé lezárja az ÉNy-i szárny teleptelér-sorozatát, lépcsősen jobbra veti a fő effuzívum-vonulatot és lezárja a központi gabbró-patkót. Az utóbbi jelenség arra mutat, hogy e törés mentén a szinform kialakulása után függőleges elmozdulás volt (a D-i szárny levetésével). Ugyanakkor az a körülmény, hogy ez a törésrendszer zárja le a teleptelér-sorozatot, továbbá, hogy nem jelentkezik a szinform DK-i szárnyának rajzolatában, azzal lenne magyarázható, hogy az elmozdulások a takarók határfelületén haltak el, azaz megelőzték a szinform kialakulását vagy azzal egyidejűek voltak. Mindez úgy egyeztethető össze, ha a törésrendszer létrejöttét a szinform-képződéssel kapcsoljuk össze: a takarórendszer meggyűrődésének korai szakaszában jött létre, de az elmozdulások a gyűrődés befejeztéig folytatódtak.

Valószínűleg hasonló a helyzet a többi haránttöréssel is. Térképi követhetőségükből ítélve, csak átszelik a szarvaskői összletből álló mindkét takarót, de többnyire nem észlelhetők a szarvaskői és a mónosbéli összlet határát képező rátolódási öv lefutásában.

Az átlós törések zöme a szinform ÉK-i, effuzívumokból álló részén mutatható ki. Ennek oka valószínűleg az lehet, hogy az e törésrendszert létrehozó feszültségek az agyaggalában és egyéb üledékekben hajlítós deformációkkal, törések nélkül oldódhattak fel. Számos közvetett bélyeg alapján mindkét átlós törésrendszert a harántirányúnál idősebbnek minősítettük, a minősítésnek azonban nincs közvetlen megfigyelési alapja. Valószínű, hogy az átlós törésrendszerek is a szinform kialakulásával, pontosabban annak legkorábbi szakaszával kapcsolatosak.

### 3) *A fennsíki mészkő helyzete*

A szarvaskői és mónosbéli összlet szerkezetéről alkotott kép nem volna teljes az északi peremvidéken előforduló két összlet tárgyalása nélkül. Mivel a sándorhegyi vörös—tarka összlet csak egy keskeny éket alkot, a tárgyalás alapja csak a fennsíki mészkő elemzése lehet.



A fennsíki mészkő csapása területünkön belül ívszerűen változik; hajlatának magjában van a szarvaskői színform É-i záródásának effuzívum-tömege. Haránttörések mentén a fennsíki mészkő pereme úgy mozdul el, hogy mintegy „hozzáidomul” az effuzívum-mező körvonalához. A haránttörések mentén számos esetben megfigyelhető, hogy a fennsíki mészkő csapása megváltozik: behajlik a térképi eltolódás irányának megfelelően. Ez az „idomulás” tehát részben képlékeny alakváltoztatással ment végbe. Kérdés: felfogható-e ez az „idomulás” annak jeleként, hogy a fennsíki mészkő ugyanazon színform mélyebb tagozatát képezi?

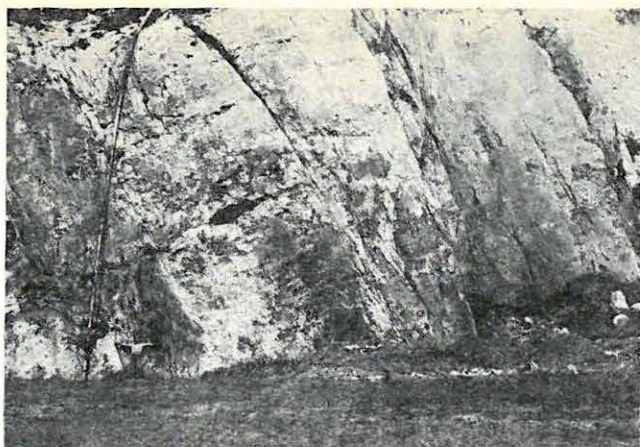
A fennsíki mészkő uralkodó dőlése É-i  $40-60^\circ$ , mind a szarvaskői színformnál, mind attól messze K-re folytatódóan. A fennsíki mészkő tehát nemcsak térszínileg, hanem szerkezetileg is a szarvaskői színform felett van, azaz nem lehet annak része. A fennsíki mészkő települése a színform közvetlen előterében megváltozik: meredekebbé, sőt a peremen ellentétes irányba, D felé dőlővé válik, ami szelvényben felhajlásként értelmezhető (2. mell.). Ez a felhajlás a fennsík peremének kizárólag arra a szakaszára korlátozódik, amelynek előterében ott vannak a szarvaskői effuzívumok, K-ebbre megszűnik. A felhajlást tehát a merev magmatitok jelenlétével magyarázhatjuk, s így ez a felhajlás megerősíti azt, hogy a fennsíki mészkő a már kész szarvaskői színformmal lépett tektonikai kölcsönhatásba.

E kölcsönhatás mind a térképi-, mind a szelvénybeli jelenségek alapján torlódásnak minősíthető, ami erős É—D irányú összenyomódás következményeként fogható fel. Láttuk, hogy a kompressziót kísérő mindkét jelenség — a (térképi) hozzáidomulás és a (szelvénybeli) felhajlás — képlékeny alakváltozás részvételével ment végbe.

A fennsíki mészkő D-i határfelülete egyetlen helyen: a Bélkő D-i oldalán levő régi palabányában van feltárva. Itt ez a felület mintegy 150 m hosszban és 15—20 m magasságban tanulmányozható; rajta Ny-i  $25^\circ$  dőlésű csúszási barázdák láthatók (34. ábra), míg maga a fennsíki mészkő e barázdákra merőleges, K-i  $65^\circ$  tengelydőlésű redőkbe gyűrődik. E redők alakja a határfelület mentén lejártsódott bal oldali eltolódásra mutat (35. ábra). K-ebbre a fennsíki mészkő D-i határa már sehol sincs feltárva, így csúszási barázdák sem észlelhetők. Az említett meredek tengelyű redők azonban sok helyütt felismerhetők, dőlésük már közel függőleges. Az elmozdulás tehát valójában közel vízszintes volt, s a csúszási barázdáknak a bélkői palabányában megfigyelhető Ny-i dőlése a Bükk-fennsík eme Ny-i nyúlványának (Bélkő) utólagos lebillenésével jött létre.

A fennsíki mészkő peremének jellegére vonatkozóan tehát két következtetés adódott: a települési viszonyok elemzéséből D-i irányú nekinyomódás; a határfelületen és annak közelében megfigyelhető szerkezeti bélyegekből pedig bal oldali eltolódás. A kompressziós „idomulás”-sal kapcsolatos É—D-i haránttörések a fennsíki mészkővel együtt az annak határán futó eltolódást is

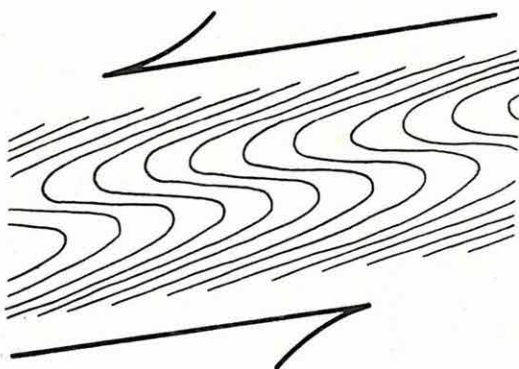




34. ábra. Eltolódási barázdák a fennsíki mészkő D-i peremfelületén (Bélkő tövéénél levő felhagyott palabánya). A feltárt mészkőfelület volt a palabányászat határa, ma is őrzi az előteréből lefejtett pala foszlányait

Fig. 34. Striation in the southern face of the plateau limestone (Bélkő, given up shale mine)

Рис. 34. Борозды скольжения в плоскости южного тектонического контакта известняков Плато Бюкк. Заброшенный карьер у подножия горы Белкё. Вскрытая карьером поверхность известняков служила контуром добычи глинистых сланцев, местами и ныне сохраняя обрывки сланцев, прилипших к известнякам



35. ábra. Eltolódással kapcsolatos redők a bélkői palabánya mészkövében (tájtolt vízszintes metszet)

Fig. 35. Flexure linked to horizontal displacement (oriented horizontal section)

Рис. 35. Схема складок, связанных со сдвигом и наблюдаемых в известняках заброшенного карьера у подножия горы Белкё (ориентированное по странам света горизонтальное сечение)

elvetik, az eltolódás tehát kompresszió (torlódás) előttinek minősül, vagyis a fennsíki mészkő valahonnan K-ről került a szarvaskői szinform elé. Az ezt követő kompresszió során a fennsíki mészkő csak kis mértékben tolódhatott a szarvaskői szinformra, mivel rátolódással kapcsolatos karcokat nem észleltünk, az eltolódási eredetűek viszont megmaradtak.

A fennsíki mészkő D-i pereme — a szarvaskői szinform előtti szakaszt (ahol e perem felhajlik) kivéve — határozott É-i dőlést mutat, amely így elsősorban utólagos kibillenés és nem rátolódás számlájára írható. Ez a kibillenés akár a kompressziós torlódás során is lejátszódhatott; ez esetben a fennsíkerem felhajlása azzal magyarázható, hogy az ezen a szakaszon feltámaszkodott a szarvaskői magmatitokra (36. ábra).



36. ábra.

A fennsíki mészkő és a szarvaskői szinform mai helyzetének kialakulási szelvényvázlata

- 1 — párna-láva (szarvaskői összlet);  
2 — agyagpala, kovapala, lemezes mészkő (mónosbéli és sándorhegyi összlet); 3 — fennsíki mészkő



Fig. 36. Sketch of development of present structural position of plateau limestone and Szarvaskő synform

- 1 — pillow lava (Szarvaskő Formation); 2 — shale, chert, foliated limestone (Mónosbél and Sándorhegy Formations); 3 — plateau limestone

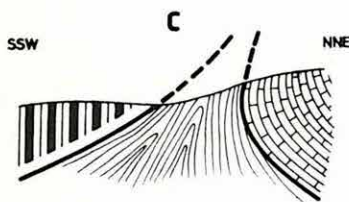


Рис. 36. Схематические профили, иллюстрирующие возникновение современных соотношений между известняками Плато Бюкк и Сарвашкёйской синформы

- 1 — подушечные лавы (сарвашкёйская свита); 2 — глинистые и кремнистые сланцы, тонкоплитчатые известняки (моношбельская и сандорхедьская свиты); 3 — известняки Плато Бюкк





#### 4) A sándorhegyi összlet helyzete

A sándorhegyi vörös—tarka összlet települése gyakorlatilag konkordáns a fennsíki mészkővel, litológiailag azonban nem azzal, hanem a mónosbéli összlettel rokon. A területünkől K-re eső vidéken végzett bejárásaink során kitűnt, hogy a sándorhegyi összlet elterjedése nem korlátozódik a Bükk-fennsík szegélyére, hanem attól több km-rel D-ebbre is előfordul, s települése itt már nem konkordáns a fennsíkperemmel. Ezért úgy véljük: a sándorhegyi összlet a szarvaskői szinform jelenleg látható legmélyebb tagja, amely a mónosbéli összlet alkotta takaró fekéjében települ, valószínűleg ugyancsak takaróként. Az a körülmény, hogy települése megegyezik a fennsíki mészkővel, arra vezethető vissza, hogy képlékeny kőzetei a merevebb fennsíki mészkő pereméhez mintegy hozzáidomultak, s a területen felszínre bukkanó sáv túl keskeny ahhoz, hogy a fennsíkperemtől távolabbi részekre jellemző önálló, „eredeti” szerkezete előtűnjön (amint az K-ebbre már megfigyelhető).

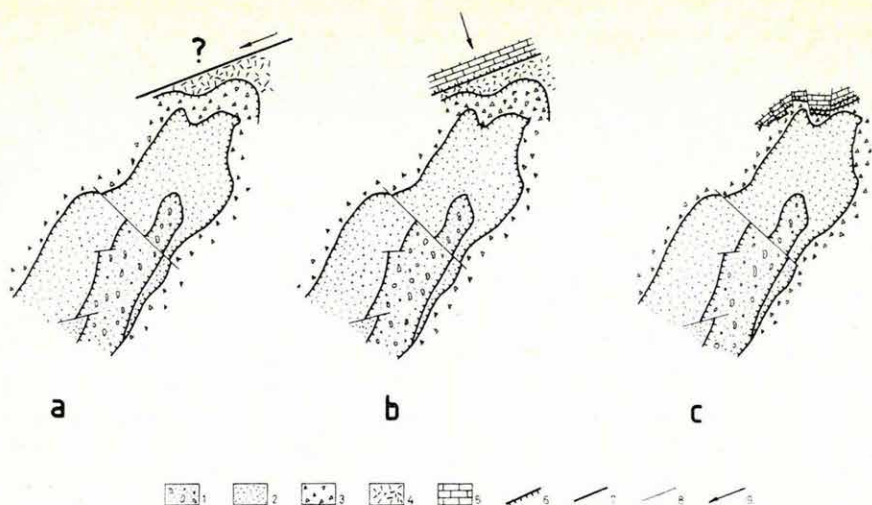
A szarvaskői szinform elé (K-ről) eltolódással került, majd (É-ről) neki nyomott egység D-i határát tehát a fennsíki és a sándorhegyi összlet között tételezzük fel, ami egyet jelent azzal, hogy dőlésben a sándorhegyi összlet gyorsan szélesedik, mivel D-i határfelülete nem a fennsík, hanem a szarvaskői szinform alá laposodik (2. melléklet).

#### Szerkezetalakulás

Területünkön két szerkezeti egységet különítettünk el: a szarvaskői szinformot és a fennsíki mészkövet. A szarvaskői szinform kialakulása az alábbi eseményekre bontható: elsődleges gyűrődés és palásodás, takaróképződés, végül másodlagos gyűrődés és palásodás. Ez a három esemény a felsorolási sorrendben követhette egymást, akár jelentős időbeli átfedésekkel is. A szerkezeti vergencia csak az utolsó eseményre vonatkozóan biztos: a meredek, néhol átbuktatott ÉNy-i és a jóval laposabb DK-i szárnyból ítélve ÉNy-ról DK-re irányult. Lehetségesnek tartjuk, hogy ugyanez az erőter váltotta ki a korábbi két eseményt is.

Vizsgálataink nyomán kitűnt, hogy a fennsíki mészkő K felől, baloldali eltolódással került a szarvaskői szinform elé. Az ilyen nagyméretű eltolódások síkja többnyire közel függőleges. Mivel a fennsíkperemi eltolódási sík csapásban és dőlésben egyaránt csaknem pontosan egybeesik a fennsíki mészkő rétegződésével, feltételezhető, hogy ebben az időben az is közel függőleges volt, ami korábbi szerkezetalakulási események következménye lehetett. Eme korábbi események tisztázásához azonban területünk méretei nem elegendőek. Feltételezhetjük, hogy az eltolódás kompresszív erőterben ment végbe, ahol a bal oldali elmozdulásból ítélve a kompresszió ÉK—DNy (vagy fordított) irányú volt (37. ábra).





37. ábra. A szarvaskői szerkezet kialakulásának térképvázlata

1 — felső takaró: a szarvaskői összlet alsó része (homokkő—agyagpala, erősen differenciált gabbrointrúziókkal); 2 — középső takaró: a szarvaskői összlet középső és felső része (homokkő—agyagpala és agyagpala, teleptelések és párnalávák); 3 — alsó takaró: mónosbéli összlet (olistolitizált agyagpala, kovapala és szürke tűzköves mészkő); 4 — legalsó (?) takaró: sándorhegyi összlet (vörös—tarka lemezes mészkő, kovapala és agyagpala); 5 — fennsíki mészkő; 6 — takaróhatár és rátolódás; 7 — eltolódás; 8 — másodrendű vető és/vagy eltolódás; 9 — az ábrázolt szerkezeti helyzetet létrehozó aktív mozgás iránya

Fig. 37. Sketch of development of the Szarvaskő structure

1 — upper nappe: lower part of the Szarvaskő Formation (sandstone-shale, with strongly differentiated gabbro intrusions); 2 — middle nappe: middle and upper part of the Szarvaskő Formation (sandstone-shale and shale, vein beds and pillow lavas); 3 — lower nappe: Mónosbél Formation (olistolithic shale, chert and grey cherty limestone); 4 — lowest (?) nappe: Sándorhegy Formation (variegated foliated limestone, chert and shale); 5 — Plateau Limestone; 6 — boundary of nappe and overthrust line; 7 — horizontal displacement; 8 — second class fault and/or horizontal displacement; 9 — direction of active motion producing the presented structure

Рис. 37. Схематические карты, иллюстрирующие возникновение структуры района Сарвашкё

1 — верхний покров: нижняя часть сарвашкёйской свиты (песчаники и глинистые сланцы с сильно дифференцированными интрузиями габбро); 2 — средний покров: средняя и верхняя части сарвашкёйской свиты (песчаники — глинистые сланцы и глинистые сланцы, силлы и подушечные лавы); 3 — нижний покров: моношбелская свита (глинистые сланцы с олистолитами, кремнистые сланцы и серые известняки с кремнями); 4 — самый нижний покров (?): шандорхедская свита (красные до пестрых тонкоплитчатые известняки, кремнистые и глинистые сланцы); 5 — известняки Плато Бюкк; 6 — контакты покровов и надвиги; 7 — сдвиги; 8 — второстепенные сбросы и/или сдвиги; 9 — направление активного перемещения, создавшего изображаемую ситуацию

Az eltolódás után a fennsíki mészkő nekinyomódott a szarvaskői szinformnak. A kompressziós erőter közelítőleg D-i vergenciájú lehetett. A fennsíkerem idomulása a szarvaskői szinformhoz erősebb az ÉNy-i oldalon, s itt a legszélesebb a kimeredekedési öv (vagyis legerősebb a felhajlás) is. Ebből következően a kompressziós erőter iránya DDK-inek adódik.

A szarvaskői szerkezetalakulásban tehát legalább három deformációs fázis különíthető el, amelyek vergenciája eltérő bár, de állandó D-i összetevővel rendelkezik. Ez az állandó D-i vergencia-komponens figyelemre méltó összekötő kapocs valamennyi deformációs fázis között, akárcsak az a körülmény, hogy mindegyik fázisban képlékeny deformáció is volt. E képlékeny alakváltozás a harmadik fázisban (a fennsíki mészkő D felé nyomódásakor) a leggyengébb, ekkor mindössze nagy (több száz m) görbületi sugarú hajlatok jöttek létre. Ennél erősebb, de egészében véve csak helyi a képlékeny alakváltozás a második (eltolódási) fázisban, amikor kis (dm) görbületi sugarú redők keletkeztek, nem változtatva meg a fennsíki mészkő egészében véve monoklinális települését. Ezzel szemben az első fázisban (a színform kialakulása során) még a fennsíki-vel összevethető merevségű pados tűzköves mészkő anyaga is szinte folyt (38. ábra), vagyis a deformáció jóval erősebb volt a későbbiekénél.

Így tehát a szerkezetalakulás három fázisa során a képlékeny alakváltozás szerepe egyre inkább csökkent. Ez mind a deformációs erők gyengülésével, mind a litosztatikus nyomás csökkenésével (vagyis az eredetileg kétségtelenül igen nagy vastagságú fedőösszlet fokozatos lepusztulásával) magyarázható lenne. Bár a deformációk korát illetően nincs semmiféle közvetlen adatunk, a regionális képből kiindulva úgy véljük, hogy azok az alsó—középső kréta folyamán, a szenon előtt játszódhattak le.



38. ábra. Képlékeny deformáció nyomai lemezes tűzköves mészkőben (mónosbéli összlet). Az Almási-tető Ny-i oldalában vezető dőzerút bevágása

Fig. 38. Signs of plastic deformation on foliated cherty limestone (Mónosbél Formation)

Рис. 38. Следы пластических деформаций в тонкоплитчатых известняках с кремнями (моношбельской свиты). Выемка грунтовой дороги на западном склоне горы Алмаши-тетё



- BALLA Z., BAKSA Cs., FÖLDESSY J., HAVAS L., SZABÓ I. 1980: The tectonic setting of the ophiolites in the Bükk Mountains (North Hungary). — *Geol. Zb., Geol. Carp.* 31, 4, pp. 465—493.
- BALLA Z., BAKSA Cs., FÖLDESSY J., HAVAS L., SZABÓ I. 1981: Mezozoos óceáni litoszféra-maradványok a Bükk hegység délnyugati részén. — *Ált. Földt. Szemle* 16, pp. 35—88.
- BALLA Z., HOVORKA D., KUZMIN M. I., VINOGRADOV V. I. 1983: Ophiolites of the Bükk Mountains (North Hungary). *Ofoliti* 8, 1, pp. 5—46.
- BALOGH K. 1964: A Bükk hegység földtani képződményei. *Földt. Int. Évk.* 48, 2, pp. 245—719.
- DANK V., BODZAY I. 1971a: A magyarországi potenciális szénhidrogénkészletek földfejlődéstörténeti háttére. *Geon. és Bány.* 4, 2—4, pp. 261—268.
- DANK V., BODZAY I. 1971b: Geohistorical background of the potential hydrocarbon reserves in Hungary. *Acta Univ. Szeged., Acta Min. Petr.* 20, 1, pp. 57—70.
- Glossary of geology, 1972. Amer. Geol. Inst. Washington
- HORVÁTH F., VÖRÖS A., ONUOHA K. M. 1977: Plate tectonics of the western Carpatho-Pannonian region: A working hypothesis. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* 21, 4, pp. 207—221.
- Inststrukcija po organizaciji proizvodstvu geologosz'emocsnüh rabot, 1956. Goszgeoltehzdat, Moszkva
- KISVARSÁNYI G. 1953: Szarvaskői környékének földtani viszonyai. *Földt. Közl.* 83, 1, pp. 24—34.
- LENGYEL E. 1957: A Szarvaskő környéki titán—vanádium—vasérckutató újabb eredményei. *Földt. Int. Évk.* 46, 2, pp. 294—334.
- MAHEL' M. 1978: Geotectonic position of magmatites in the Carpathians, Balkan and Dinarides. *Záp. Karp., sér. Geol.* 4, pp. 1—119.
- MEZŐSI J. 1950: A borsodi Bükk hegység közzettartományi helyzete. *Acta Univ. Szeged., Acta Min. Petr.* 4, pp. 50—58.
- PANTÓ G. 1961: Mezozoos magmatizmus Magyarországon. *Földt. Int. Évk.* 49, 3, pp. 785—799.
- SCHRÉTER Z. 1943: A Bükk hegység geológiája. *Beszám. Vitaül. Munk., Földt. Int. Évi Jel. Függ.* 5, 7, pp. 378—407.
- SZENTPÉTERY Zs. 1953: A Déli Bükk hegység diabáz és gabbrótömege. *Földt. Int. Évk.* 41, 1, pp. 3—102.
- SZEPESHÁZY K. 1975: Az Északkeleti-Kárpátok földtani felépítése és a kárpáti térségben való nagyszerkezeti helyzetének vázlata. *Ált. Földt. Szemle* 8, pp. 25—59.
- SZEPESHÁZY K. 1977: Az Alföld mezozoos magmás képződményei. *Földt. Közl.* 107, 3—4, pp. 384—497.



- SZEPESHÁZY K. 1979: A Tiszántúl és az Erdélyi Középhegység (Munții Apuseni) nagyszerkezeti és rétegtani kapcsolatai. Ált. Földt. Szemle 12, pp. 121—198.
- SZEPESHÁZY K. 1980: A Tiszántúl és az Erdélyi Középhegység (Munții Apuseni) nagyszerkezeti kapcsolatai. Földt. Int. Évi Jel. 1978-ról, pp. 173—186.
- VADÁSZ E. 1953: Magyarország földtana. Akad. Kiadó, Budapest
- VADÁSZ E. 1953: Magyarország földtana, II. kiadás, Akad. Kiadó, Budapest
- WEIN GY. 1978a: A Kárpát-medence alpi tektogenezise. Földt. Int. Évi Jel. 1976-ról, pp. 245—256.
- WEIN GY. 1978b: A Kárpát-medence kialakulásának vázlata. Ált. Földt. Szemle 11, pp. 5—34.

## 1.3 FÖLDTANI ALAPSZELVÉNYEK GEOFIZIKAI VIZSGÁLATA\*

1982. évi tevékenységünket a „Természeti erőforrásaink átfogó tudományos vizsgálata” országos szintű kutatási főirány keretébe tartozó „Országos alapszelvény program” részeként folytattuk a MÁFI megbízásából.

A Kisalföld DK-i peremén és a Dunántúli-középhegységben (Dabrony és Zánka között), az MK—1 vonalon vibroszeiz reflexiók méréseket végeztünk. A kiemelt helyzetben levő, jólvezető képződmények követésére az MK—1 és a DK—1 vonal között magnetotellurikus szondázásokra került sor. Az 1981-ben Tolnanémedi és Szekszárd között mért MK—7 vonalon elkészültek a magnetotellurikus szondázások.

Az R—35 számítógépen az SzCSz—3 programrendszerrel újra feldolgoztuk az MK—2 vonal Balatonszemes és Igal közötti szakaszát, az MK—3, az MK—5 és a DK—1 szelvényt. A mélyebb szintek kiemelésénél jelalak- és fáziskorrekcióval, koherencia szerinti szűréssel és migráció alkalmazásával jelentős javulást értünk el.

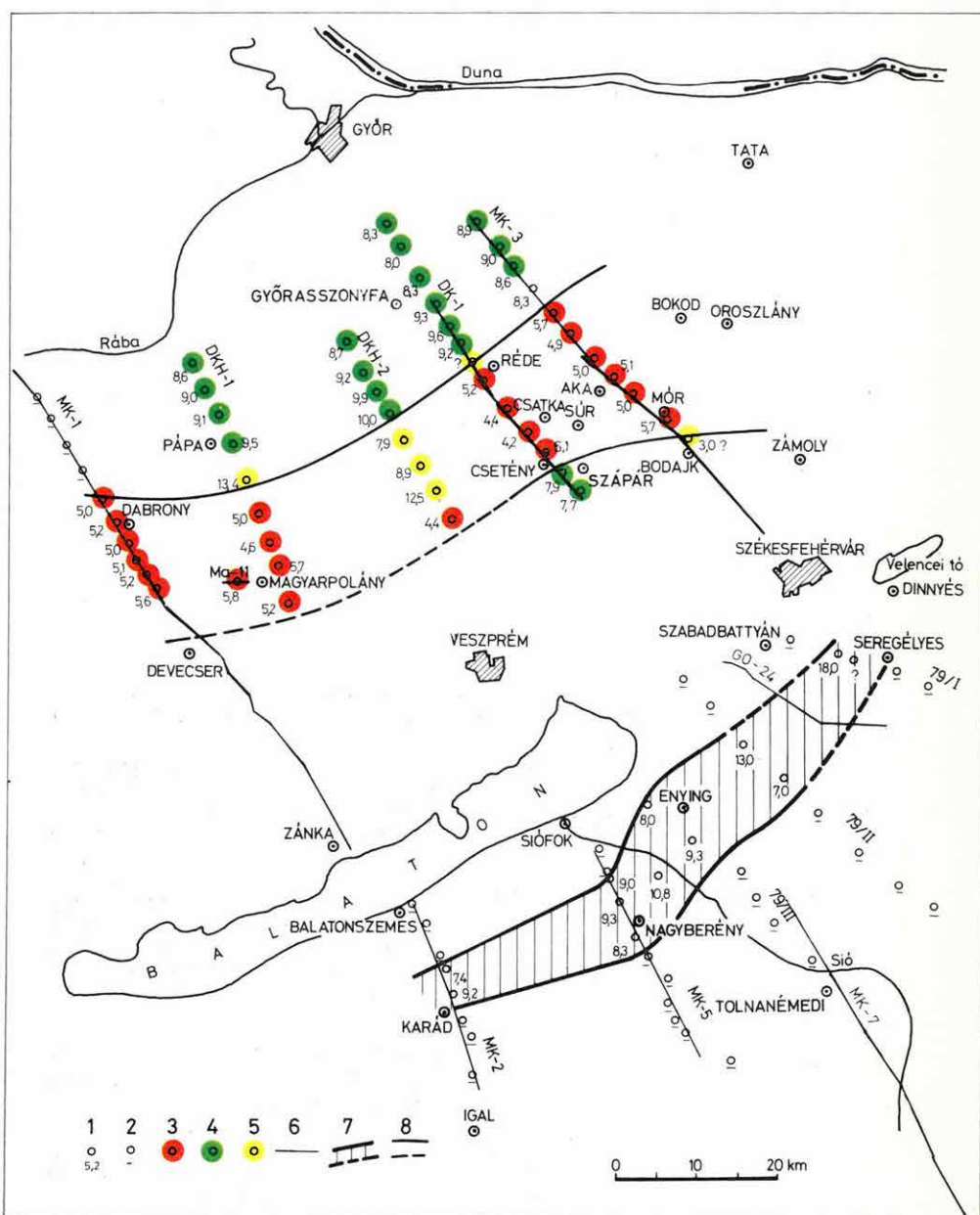
Jelentésünkben összefoglalóan bemutatjuk az 1977 és 1982 között a Dunántúli-középhegységben és a Balatontól D-re végzett magnetotellurikus méréseket és a Dunántúli-középhegységben mért MK—3 és DK—1 szelvény értelmezését.

### 1.3.1 A magnetotellurikus mérések eredményei

1977—82 között a Dunántúli-középhegységben és a Balaton—Velencei-tó vonalától D-re végeztünk magnetotellurikus méréseket. Összefoglalónkban a földkéregben levő, jólvezető képződményekre vonatkozó adatokat emeljük ki (39. ábra). Az 1981. évet megelőző részeredményeket a korábbi Évi Jelentésekben adtuk meg.

Eddigi méréseink a jólvezető képződmények két, viszonylag kiemelt vonulatát mutatták ki a Balaton—Velencei-tó vonalától D-re és a Dunántúli-középhegységben. Pontszerű adataink utalnak arra, hogy a Mecsek hegység É-i előterében, a Zselicben is egy hasonló sáv lehet.

\* Albu I., Ádám O., Majkuth T., Nemesi L., Redlerné Tátrai M., Ráner G., Varga G.





**39. ábra. A jólvezető képződmények felszínének mélysége a Dunántúli-középhegységben és a Balaton—Velencei-tó vonalától D-re az ELGI által végzett MT mérések adatai alapján**

1 — a jólvezető képződmény mélysége km-ben; 2 — a mérési ponton nincs jólvezető indikáció. A dunántúli vezetőképesség anomália területén a jólvezető mélysége: 3 — 4–6 km; 4 — 6–10 km; 5 — torzulás miatt bizonytalan mélységmeghatározás; 6 — szeizmikus szelvény nyomvonala; 7 — a Balatontól délre levő jólvezető indikáció zónája; 8 — a kiemelt helyzetű jólvezető zóna határa

**Fig. 39. Depth to high conductivity layer in the Transdanubian Central Range and south of Balaton according to magneto-telluric results of ELGI**

1 — depth to high conductivity layer in km; 2 — no high conductivity layer. Depth values in the area of the Transdanubian Central Range; 3 — 4–6 km; 4 — 6–10 km; 5 — unreliable depth data because of distorted curve; 6 — seismic reflection profile; 7 — zone of high conductivity south of Balaton; 8 — limits of elevated zone of high conductivity layer

**Рис. 39. Глубина поверхности проводящих формаций в Задунайском среднегорье и к Ю от линии оз. Балатон и оз. Веленце по данным измерений МТ, проведенных институтом ЭЛГИ**

1 — глубина проводящей толщи в км; 2 — на точке измерения нет индикации проводящей толщи; Глубина проводящей толщи в районе аномалии проводимости в Задунайском краю: 3 — 4–6 км; 4 — 6–10 км; 5 — ненадежное определение глубины из-за искажения; 6 — трасса сейсмической линии; 7 — зона индикации проводящей толщи к Ю от оз. Балатон; 8 — граница проводящей толщи в приподнятом положении

A Balaton—Velencei-tó vonalától D-re, Karád—Nagyberény—Enying—Dinnyés sávjában, 6—11 km szélességben a szondázási görbék a paleozoos-mezozoos medencealjzat alatt jólvezető képződményeket jeleznek. Ellenállásuk néhány  $\Omega\text{m}$ , felszíntől számított mélységük 7—13 km. A sávtól É-ra és D-re a jólvezető képződmény megszűnik, vagy lényegesen nagyobb mélységbe kerül ( $h > 25$  km). A kiemelt helyzetű jólvezető sáv egybeesik a Balaton—velencei ópaleozoos gránit vonulattól D-re levő szerkezeti pásztával. Jólvezető képződmények megjelenését a földkéregben számos szerző [ÁDÁM 1980, KOVTUN 1976] mély, lineáris törésrendszerekhez köti.

A Velencei-hegységben végzett szerkezetkutató méréseink keretében a szabadbattyáni és seregélyesi kiemelkedés között mértük a GO—24 reflexiós szeizmikus vonalat. Ennek előzetes feldolgozása szerint a szabadbattyáni kiemelt vonulat DK-i előterében, ÉNy-i irányban süllyedő szeizmikus határfelületet mutattunk ki 4,0—4,5 s között [MAJKUTH 1983]. Ez a jólvezető képződmények mélységének felel meg. A GO—24 vonaltól nyugatra levő MK—2 és MK—5 szelvényen a 4,0 s-ig tartó feldolgozás miatt nem sikerült a szeizmikus szinttel való egybeesést kimutatni [RÁNER 1982, 1983].

A magnetotellurikus mérések súlyponti területe az elmúlt években a Dunántúli-középhegység, illetve annak ÉNy-i előtere volt. A térségben az MTA GGKI, az NME Geofizikai Tanszék, illetve az OKGT GKV magnetotellurikus mélyszondázásai alapján már a 60-as években jólvezető képződményeket mutattak ki a földkéregben [ÁDÁM—VERŐ 1964, TAKÁCS 1968, LANTOS—NAGY 1972]. A területen az MTA GGKI a 70-es évektől rendszeres magnetotellurikus mélyszondázást végez (KFH ill. ELGI megbízás alapján).

A Dunántúli-középhegységben levő vezetőképeség-anomália vizsgálatában a mérések eredményeképpen sok vonatkozásban tisztult a kép, ugyanakkor új problémák is felléptek.

A Dunántúli-középhegységben a jólvezető képződmények az MK—1 vonalról kiindulva, a magyarpolányi, rédei, suri-akai kiemelkedés és a móri medence területén mintegy 20 km-es szélességű sávban kiemelt helyzetben vannak, mélységük 4—6 km. Az ebben a sávban található túl nagy mélységadatok szerkezeti okokból fellépő torzulás hatásának tartjuk. Az erősen eltérő értékeket az éles változások határán és olyan területeken kaptuk, ahol a nagy ellenállású képződmények kibúvásban találhatók, vagy a fedőüledékek vezetőképesége 10 Siemens-nél kisebb. Ezekben az esetekben a kétdimenziós közelítés általában nem teljesül, a fő szerkezeti iránnyal párhuzamos görbét is torzízza az  $S$  hatás. A kiemelt helyzetű sáv a tellurikus- és Bouguer-anomáliák összehasonlítása alapján ÉK-i irányban folytatódik az Oroszlány—bokodi területen [RÁNER—VARGA 1983].

A kiemelt sáv területének nagy részén sikerült a jólvezető képződmények felszínét jó energiájú reflexiós határfelületekkel azonosítani (40, 41, 42. ábra). Az Oroszlány—bokodi szénkutatási területen 1982—83-ban mért szel-



vényeken [MAJKUTH 1983] felismerhetők az 1,8–2,0 s körüli jó energiájú szintek, míg az MK—1 vonalon a kiemelt helyzetben levő jólvezető képződmények felszínét eddig nem sikerült szeizmikus szinttel azonosítani (1980. Évi Jelentés, 23. ábra). Az általunk végzett MT mérések szerint a kiemelt helyzetű sáv ÉNy-i irányban lehatárolható. Az MK— vonalon — a Rába-vonaltól ÉNy-ra — jólvezető képződményeket nem sikerült kimutatni. A Rába-vonaltól DK-re a közel vízszintes jólvezető képződmények felszínén ékelődnek ki az ÉNy-i irányban dőlő triász—kréta rétegek (1980. Évi Jelentés). A többi szelvényen a jólvezető képződmények 9–10 km mélységbe kerülnek, feltehetően törések mentén. ÉNy-i irányú megszűnésükre ezekből a szelvényekből még nem lehet következtetni. Az 1983. évi kisalföldi program keretében végzett mérések várhatóan választ adnak majd erre a kérdésre is. A kiemelt sáv déli határát méréseink csak a DK—1 szelvényben érték el, a felület elmélyülésére az MTA GGKI adataiból [ÁDÁM, 1973—77] következtethetünk.

Mérési eredményeink némileg eltérnek más intézmények adataitól, kiértékelésünk egyes fázisai szintén vitatottak. Ez a feladat bonyolultsága miatt természetes. Az eltérések feloldása további rendszeres módszertani és mérési munkát igényel.

### 1.3.2 A szeizmikus mérések eredményei

A Sur—akai kiemelkedés alatt levő, 2,0–2,5 s közötti jó energiájú reflexiós határfelületet először 1974-ben észleltük [NYITRAI 1975], majd ellenőrzésére 1975-ben egy rövidebb kísérleti vonalat mértünk (1975. Évi Jelentés). A Dunántúli-középhegységet keresztező MK—3 vonal mérésére 1977-ben került sor. Ezen sikerült a felület nagyobb elterjedését igazolni [RÁNER 1979]. A Kisalföld DK-i peremén, a rédei kiemelkedéstől ÉNy-ra a középhegységi képződmények ÉNy-i irányú kiemelkedését figyeltük meg. A kezdeti eredmények alapján javasoltuk a DK jelű vonalak mérését. 1978-ban került sor a DK—1 vonal mérésére Győrasszonyfa—Csetény térségében. A jó energiájú reflexiós határfelület 1,4–1,8 s között ezen is felismerhető volt. A szenon program keretében végzett magyarpolányi mérések (40. ábra. Ma—11 szelvény) és az eocén program keretében végzett Oroszlány—bokodi mérések [MAJKUTH 1983] szintén jelezték 1,8–2,0 s körül a suri—akai kiemelkedés alatti határfelületet, így ha szórványos adatok alapján is, de már egy hosszan elnyúlt zónában tételezhetjük fel meglétét. Az értelmezés elősegítésére az MK—3 és DK—1 vonalon magnetotellurikus mérésekre került sor. Eredményei indokolták, hogy az új SzCSz—3 programrendszerrel korszerűbb szeizmikus feldolgozást végezzünk.

Jelentésünkben az MK—3 és DK—1 szelvény újrafeldolgozásának eredményeit ismertetjük. A szelvényeken feltüntettük a magnetotellurikus szondázások időre átszámított mélységadatait és az ellenállásértékeket is.

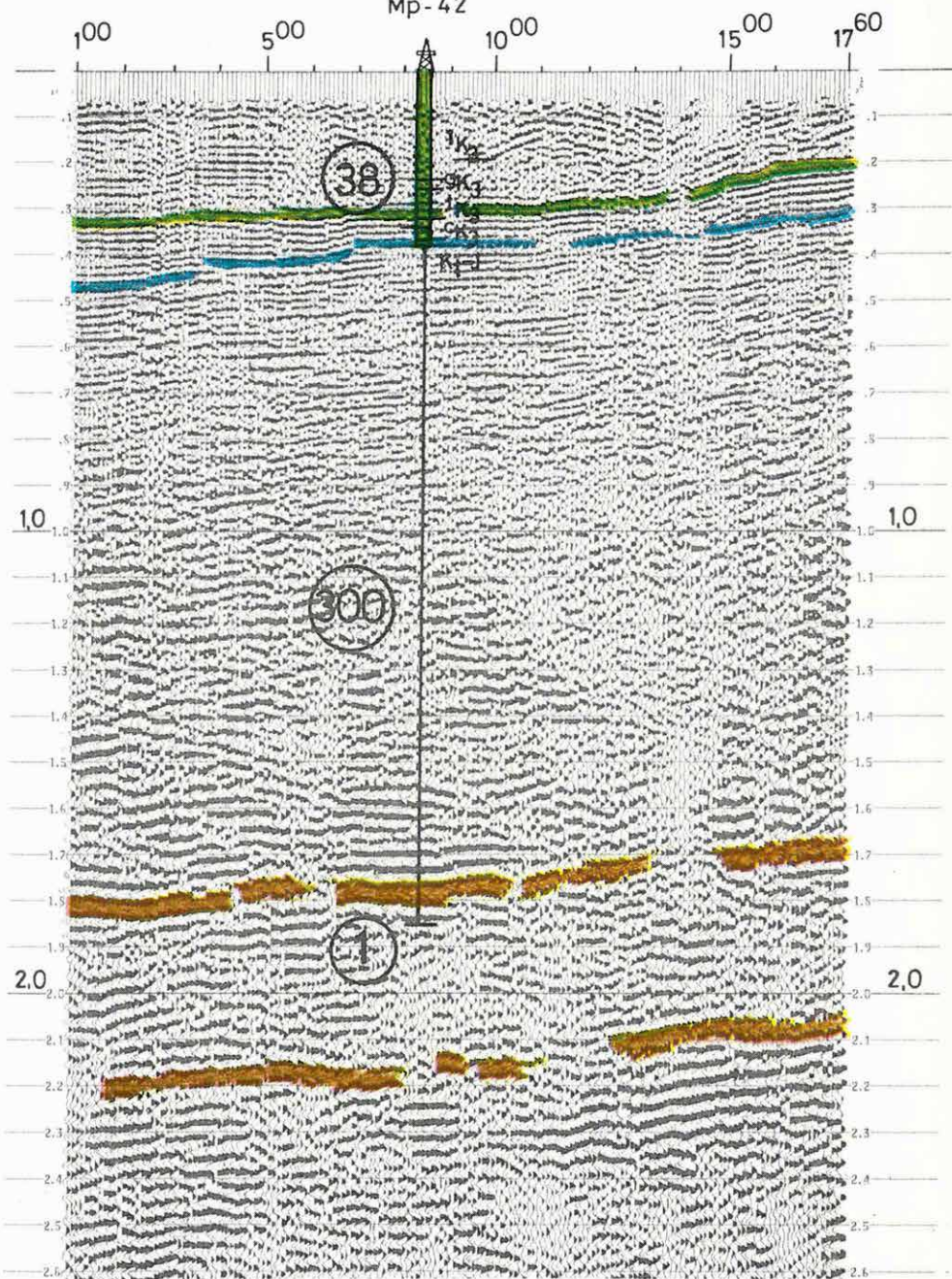


W

E

MT-9/DKH 1

Mp-42

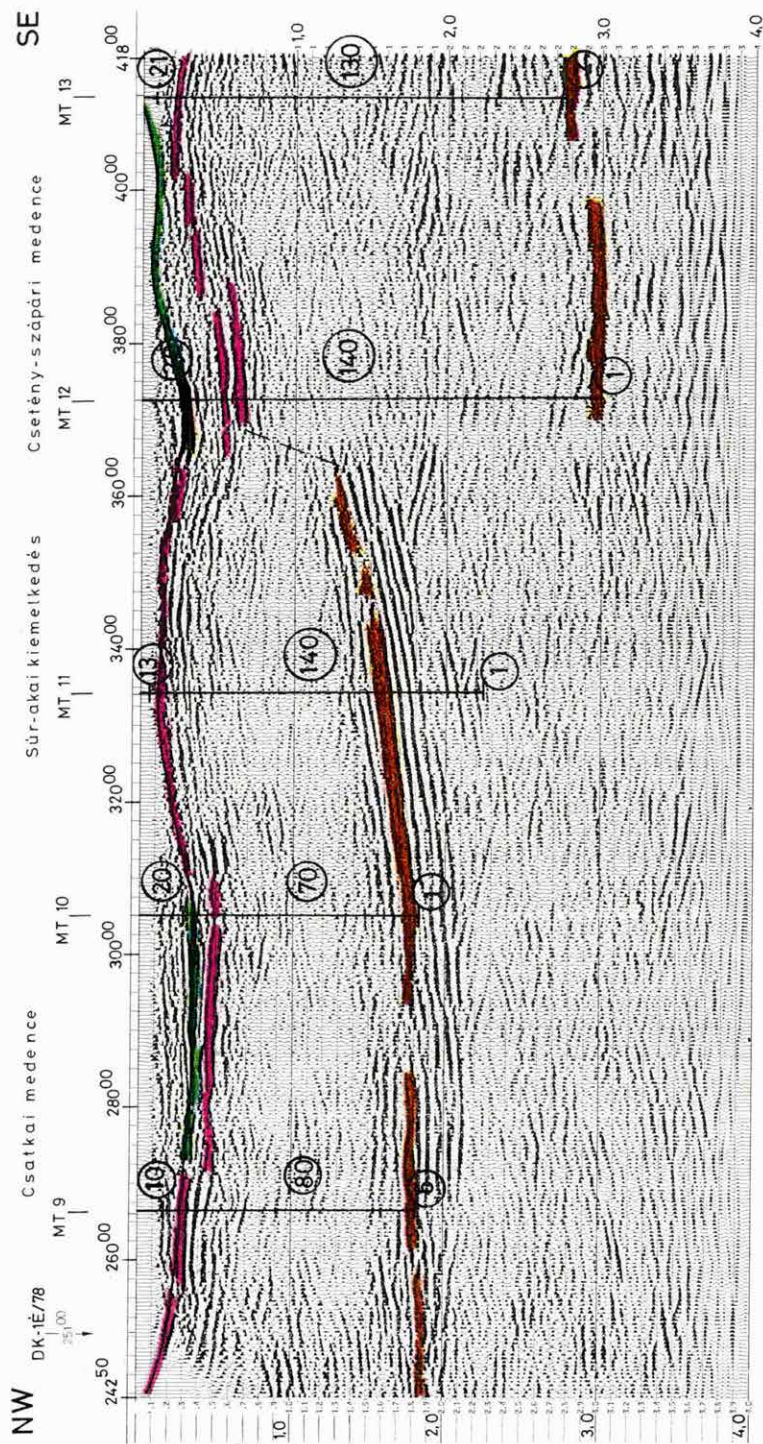


40. ábra. Ма—11 reflexiók időszelvény

Fig. 40. Ма-11 reflection time section

Рис. 40. Временной разрез МОВ Ма—11







42. ábra. DK—1D/78 földtani alapszelvény migrált időszelvény formájában

Fig. 42. DK—1D/78 migrated time section

Рис. 42. Геологический основной разрез DK—1D/78 в виде мигрированного временного разреза

A nagy léptékű regionális szelvényen a főbb szerkezeti egységek — a Kisalföld DK-i pereme, rédei kiemelkedés, csatka medence, suri—akai kiemelkedés, móri medence — jól elkülöníthetők. A Bodajk—Székesfehérvár közötti rész bontása kevésbé sikeres, bár itt is több nagyszerkezeti egység határa tételezhető fel.

A szelvény ÉNy-i szakaszán a Mohorovičić diszkontinuitásra jellemző reflexiók ismerhetők fel ( $M$  jelű beérkezések). A Mohorovičić diszkontinuitás déli irányú elmélyülése miatt ezek nem követhetők. A Mohorovičić diszkontinuitás mélysége a Dunántúli-középhegység alatt a 30 km-t is meghaladja (1980. Évi Jelentés, 45. ábra). A rédei és suri—akai kiemelkedés alatt, valamint a szelvény DK-i részén két nagyobb, enyhén boltozódó szerkezeti elem ismerhető fel. A rédei és suri—akai kiemelkedés alatt jobb energiával, határozottabban jelentkezik ( $a_1$ ), amíg a szelvény déli részén levőnek inkább csak a két szárnya alakult ki ( $a_2$ ), a teteje bizonytalanul jelölhető és egy esetleges árkos megoldás sem kizárt ( $a_3$ ). Ezek alatt vízszintes, vagy DK-i irányban enyhén emelkedő beérkezések jelölhetők.

A suri—akai kiemelkedés alatt kimutatott jó energiájú reflexiók határfelületet a magnetotellurikus mérések eredményei szerint a jólvezető képződmények felszínével azonosíthatjuk. A Kisalföld DK-i peremén a mezozoos medencealjzat alatti felületek ÉNy-i irányú emelkedését és kiékelődését látjuk. Ezzel ellentétes a jólvezető képződmények ÉNy-i irányú elmélyülése a rédei kiemelkedés előterében. Itt a határfelületek egyeztetése további vizsgálatokat igényel. A rédei kiemelkedés ÉNy-i előterében kialakult szerkezeti kép jól szemlélteti a Dunántúli-középhegység újpaleozoos—mezozoos képződményeinek érintkezését az idősebb, feltehetően paleozoos képződményekkel.

Érdekes a móri medence felépítése is. Itt nagy mélységig nyugodtabb település tétélezhető fel. Bár az MT—11 pontban a jólvezető képződmények szeizmikus jó energiájú határfelülettel esnek egybe, kiemelt helyzetük további ellenőrzést igényel.

A nagy mélységű kutatásra tervezett rendszer a paleogén—neogén összletről csak áttekintő képet ad, ennek ellenére jól megfigyelhető az egyes szerkezeti egységek eltérő fejlődésmenete. A Kisalföld DK-i peremén a rédei kiemelkedés irányába emelkedő szintek vannak. Jellegzetes a rédei kiemelkedés ÉNy-i szárnyának lépcsős, tört szerkezete is. A csatka és móri medencében a paleogén—neogén képződmények nyugodtabb településűek.

A DK—1 szelvény déli szakasza (42. ábra)

A DK—1 szelvény feldolgozását a jelen fázisban csak 4,0 s-ig végeztük. A csatka medencében, a suri—akai kiemelkedésen és a Csetény—szápári medencében haladó szelvény szerint a jólvezető képződmények felszíne egybeesik

a jó energiájú reflexiós határfelülettel. Az MT—12 és az MT—13 pont alatt a jólvezető összlet elmélyülése jelzi, hogy a Csetény—szápári medencét mélyszerkezeti okok alakították ki. Az MT—11 pont ugyan nem jelzi a szeizmikus határfelület emelkedését, de ezt a mérés helyének átmeneti jellegével magyarázhatjuk.

Az 1982. év legfontosabb eredményének tartjuk, hogy a Dunántúli-középhegységben és a Balaton—Velencei-tó vonalától D-re eső területen is azonosítottuk a jólvezető összlet felszínét szeizmikus szintekkel. Nyitott értelmezési és kiértékelési kérdés bőven maradt, de a jelenlegi eredmények már alapot adnak egy nagy mélységű fúrás előkészítéséhez. A fúrás kijelölése további vizsgálatokat, méréseket igényel, ehhez a geofizikai adathálózatot sűríteni kell.

A szeizmikus és magnetotellurikus anomáliák területének egybeesése természetesen felveti a rétegtani azonosítás kérdését. Kis mélységben levő jólvezető anomáliát a Mecsek hegységtől D-re Magyarmecske—Bogádmindszent térségében (1976. Évi Jelentés, 48. ábra), a Csereháton Alsóvadásznál (1965. Évi Jelentés) mutattunk ki. Az ott mélyült fúrások szerint ezeket grafitos, antracitos paleozoos üledékek okozzák [VARGA 1975]. Hasonló magyarázat adható a Dunántúli-középhegységben levő anomáliára is, de más magyarázat sem zárta.

A suri—akai kiemelkedés alatt a jólvezető képződmények feletti 4—5 km vastagságú összlet megfelelhet az újpaleozoos—mezozoos összlet vastagságának. A Balatonfelvidéken, a Balaton—Velencei-tó vonalától D-re levő kiemelt helyzetű sávban a 8—10 km-t meghaladó vastagság és a balatonfelvidéki fúrásokban feltárt paleozoos képződmények az előbbitől eltérő fedőösszletre utalnak. Külön probléma, hogy a Kisalföld DK-i peremén, az MK—3 szelvényen és az MK—1 vonalon szeizmikus határfelületekkel még nem sikerült egyezést elérni. A fenti példák mutatják, hogy a jólvezető képződmények felett eltérő összleteket találunk. Az MK—1 vonal Balatontól É-ra levő szakaszának feldolgozása és az azon tervezett 1983. évi magnetotellurikus mérések várhatóan további adatokat szolgáltatnak a nyitott kérdések megoldásához.

## Irodalom

- ÁDÁM, A., VERŐ, J. 1964: Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn. Acta Techn. Ac. Sci. Hung. 47, 63—76.
- ÁDÁM, A. 1973—1977: Jelentés a dunántúli magnetotellurikus alapkutatásról. MTA GGKI jelentések (1973—1977).
- ÁDÁM, A. 1980: Statisztikus összefüggések az elektromos vezetőképesség-eloszlás és a töréss tektonika között a Dunántúlon. Magyar Geofizika 21, 3, 95—107.



kapcsolatban. Az összlet homoktartalmának eloszlására viszont a polarizálhatóság ad kvalitatív információt.

A kutatásba bevont szeizmikus mérések kísérleti jelleggel történtek. Megfelelő mérési és feldolgozási rendszerrel (40 Hz-es geofon,  $12 \times 100\%$  fedés, 9 tagú lineáris vonalmenti geofoncsoport) a terület rétegszerkezete pontosan kirajzolódott. Tekintettel arra, hogy a szelvények csak a rétegek geometriáját és nem minőségi összetételét adják, ezek bármilyen értékesek is, a vízkutatás közvetlen céljaihoz nem járulnak hozzá a mérések magas költségeivel arányosan. Jelentős előrelépést egy speciális programrendszer kidolgozásától várunk, ami az üledékes összletek homok—agyag arányának meghatározását elősegítheti.

#### 1.4.2 A Rába-terasz és hordalékkúp geofizikai kutatása\*

1982-ben folytattuk a Rába-terasz és hordalékkúp 1981-ben megkezdett geofizikai vizsgálatát. A kétéves program keretében a felszínközeli víznyerési lehetőségek (terasz képződmények) meghatározására mérnökgeofizikai szondázásokat (MGS), az ennél mélyebb részek megismerésére pedig áttekintő VES és GP méréseket végeztünk a Rábapaty—Nick—Kenyeri—Lánkapusztai helységek által határolt területen. Vizsgálatainkat a későbbiekben felhasználjuk az 1982-ben megindított kisalföldi regionális kutatásban. A területen VES és GP mérések alapján több kutató—értelmező fúrást mélyítettek. Az MGS mérések a fúrások környezetében történtek. A fúrásokban a rutin karotázs vizsgálatokon kívül — módszerfejlesztési céllal — GP lyukszelvényezést is végeztünk.

Az előzetes földtani és fúrási adatok alapján a területen a felső pannóniai képződményekben 50—150 m-es mélységekben várhatók regionális kiterjedésű 10—30 m-es vastagságú, finom- és közepes szemcsés homokrétegek; vékonyabb agyagcsíkok, agyagos közbetelepülések között. A felső pannonra települt ferde- és keresztarégtezett homokösszlet (hordalékkúp) és az erre települt folyóvízi (terasz) kavics, homok és finomszemcsés üledékanyag pedig a pliocén végén végbement nagyarányú anyagáthalmazódás és a negyedkori szerkezeti mozgások eredménye.

A terület D-i feléről kapott geofizikai paramétereket és az ezekből levont következtetéseket előzetes jelentésben kiadtuk, illetve az 1981. Évi Jelentésben ismertettük. A terület É-i részén végzett geofizikai mérések alapján megállapítható, hogy az előző évi geofizikai—vízföldtani következtetéseink az egész kutatási területre érvényesek. Helyességüket a fúrások igazolták.

A geofizikai mérések — a bonyolult települési viszonyok ellenére — a terü-

\* Dudás J., *Hobot J.*

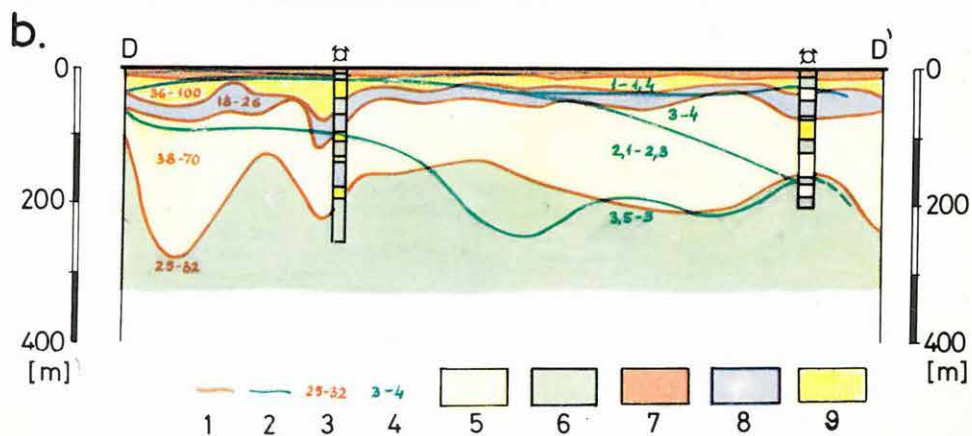
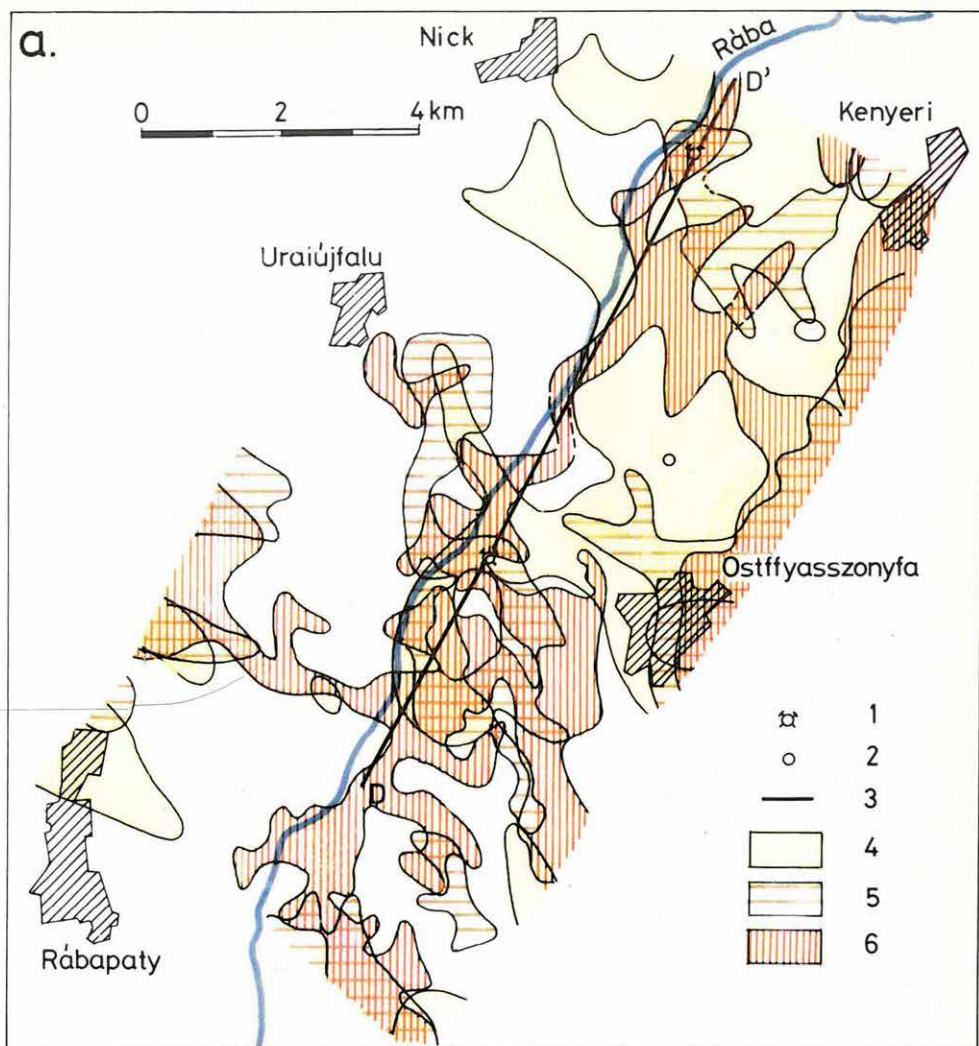
let képződményeit öt különböző, de a területre jellemző és általános elterjedésű (geofizikai—földtani) rétegösszletre bontották fel. E rétegösszletek a következők: terasz, hordalékkúp, agyagos vezérréteg, alsó homokos—agyagos összlet, agyagos fekvő.

A felsorolt összletek közül — ellenállásuk, vastagságuk és polarizálhatóságuk alapján — a terasz és hordalékkúp (felső vízbázis), valamint az alsó homokos—agyagos összlet (alsó vízbázis) bizonyult kedvezőnek vízfeltáráshoz; annak ellenére, hogy erősen rétegzettek, és sok az agyagos közbetelepülés. A vízbázisok legkedvezőbb területeit az 52/a ábrán mutatjuk be. A D—D' szelvényből — ami a terület geoelektromos modellje is (52/b ábra) — látható, hogy a felső vízbázis felülről nyitott, a terasz és a hordalékkúp vizei egymással kommunikálhatnak és felülről szennyeződhetnek. Az alsó vízbázist viszont felülről is és alulról is agyagos vízzáró képződmények határolják.

A terasz képződmények változatos kifejlődésűek és vastagságúak (53/a ábra). Mivel fekvük jórészt a Rába medrének mélységéhez esik közel ( $\sim 4\text{--}5\text{ m}$ ), ezért vízfeltárási célból csak az 5 m-nél nagyobb vastagságú részei jöhetnek számításba. Legjobb az 5 m-nél nagyobb vastagságú, 100  $\Omega\text{m}$ -nél nagyobb ellenállású és 8 m-nél nagyobb fekvőmélységű részek (52. ábra), amelyek nagyjából összefüggő, keskeny, kanyargó, mederszerű vonulatokat képeznek. A terület É-i részén vastagságuk a 15 m-t is meghaladja. Fajlagos ellenállásuk 50  $\Omega\text{m}$  és 350  $\Omega\text{m}$  között változik (53/b ábra és A—A' szelvény). A VES mérések alapján homok- és kavicsrétegek váltakozásaként értelmezhetők. A MGS mérések szerint felépítésében jelentős szerep jut a durva frakciónak, mely gyakran a teljes rétegsorban szerepel, máshol főképpen az összlet kezdő és záró szakaszára jellemző. A MGS mérések a teraszhoz tartozóan jeleznek egy erősen rétegzett, agyagos, változatos elterjedésű képződményt is, amelyeket a VES mérésekkel nem tudtunk kimutatni. Ezek a fúrások alapján agyagos kőzetlisztnak minősültek (53/b és 54/b ábra A—A' és B—B' MGS szelvénytörzsek). Az MGS mérések jelentősége a pleisztocén folyóvízi homokos kavicsösszlet települési viszonyainak, vastagság-változásainak, víztároló képességének és a Rábával való kapcsolat mértékének meghatározásában volt. A Rábára merőleges MGS szelvények szerint a folyó a teraszba vágódik, tehát feltételezhető a közvetlen kapcsolat, melynek mértéke a bevágódás és a meder eliszaposodásának függvénye (53/b ábra A—A' szelvény). Az 1. fúrásban a teraszt hidrológiai szempontból nem vizsgálták, a kavicsréteg elagyagosodása miatt. A 2. fúrásban a terasz vastagsága meghaladja a 10 m-t. Anyaga durva homok, kavics. Vízhozama 2800 liter/perc.

A hordalékkúp (54/a ábra) a terasz alatt található. Fajlagos ellenállása alapján (34—80  $\Omega\text{m}$ ) homok- és agyagrétegek váltakozásából áll. A GP szondázások szerint ( $P \sim 2\text{--}2,5\%$ ) közepes- és durva szemcsésű homokok dominálnak benne. A hordalékkúp vastagsága 15—60 m közötti (54/b ábra C—C' VES szelvény). Elterjedése a teraszéhoz hasonló, annál kisebb területre korlátozó-







## 52. ábra. Rába terasz és hordalékkúp

### a) A legjobb vízáadó képződmények elterjedése

1 — lemélyített fúrás; 2 — tervezett fúrás; 3 — a b) ábra rétegszelvényének nyomvonala; 4 — alsó vízbázis legkedvezőbb területei:  $\rho > 40 \Omega\text{m}$ ,  $h > 50 \text{ m}$ ,  $H > 150 \text{ m}$ ; 5 — hordalékkúp legkedvezőbb elterjedése:  $\rho > 40 \Omega\text{m}$ ,  $h > 20 \text{ m}$ ,  $H > 30 \text{ m}$ ; 6 — terasz legkedvezőbb elterjedése:  $\rho > 100 \Omega\text{m}$ ,  $h > 5 \text{ m}$ ,  $H > 8 \text{ m}$

### b) Jellemző geoelektromos szelvény

1 — ellenállás réteghatár (VES); 2 — polarizálhatósági réteghatár (GP); 3 — rétegösszetellenállása ( $\Omega\text{m}$ ); 4 — rétegösszetellenállás polarizálhatósága ( $P_a\%$ ); 5 — alsó vízáadó képződmény (fúrásban: finom homok); 6 — agyagos fekvő (fúrásban: kőzetliszt); 7 — terasz képződmények (fúrásban: kavics); 8 — agyagos vezérréteg (fúrásban: agyag); 9 — hordalékkúp (fúrásban: durva és közepes homok)

Fig. 52. Terrace and alluvial cone of River Rába

### a) Distribution of best water yielding layers

1 — existing borehole; 2 — planned borehole; 3 — line of cross section of Fig. 52/b; 4 — most favourable parts of the lower water base:  $\rho > 40 \Omega\text{m}$ ,  $h > 50 \text{ m}$ ,  $H > 150 \text{ m}$ ; 5 — most favourable parts of the alluvial cone:  $\rho > 40 \Omega\text{m}$ ,  $h > 20 \text{ m}$ ,  $H > 30 \text{ m}$ ; 6 — most favourable parts of the terrace:  $\rho > 100 \Omega\text{m}$ ,  $h > 5 \text{ m}$ ,  $H > 8 \text{ m}$

### b) Characteristic geoelectric cross section

1 — resistivity boundary (VES); 2 — polarizability boundary (IP); 3 — resistivity of layers ( $\Omega\text{m}$ ); 4 — polarizability of layers ( $P_a\%$ ); 5 — lower water yielding layer (in boreholes: fine grained sand); 6 — shaly bottom (in boreholes: silt); 7 — terrace sediments (in boreholes: gravel); 8 — shaly marker (in boreholes: shale); 9 — alluvial cone (in boreholes: coarse or medium grained sand)

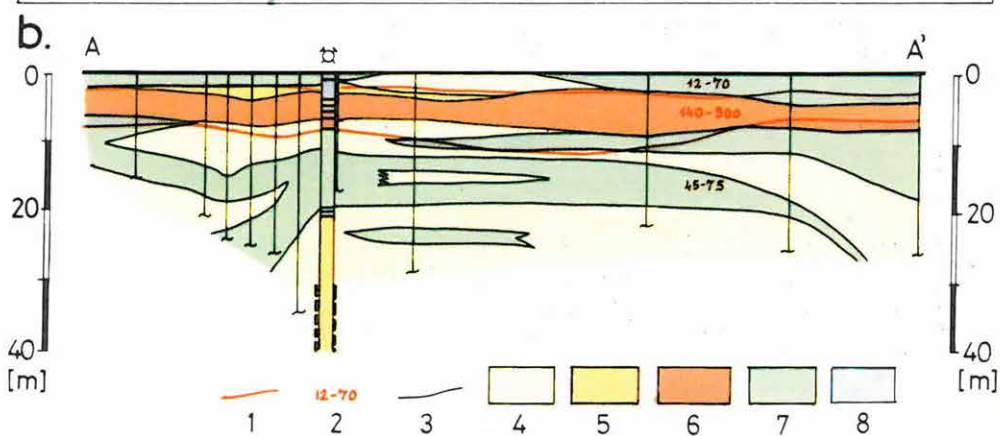
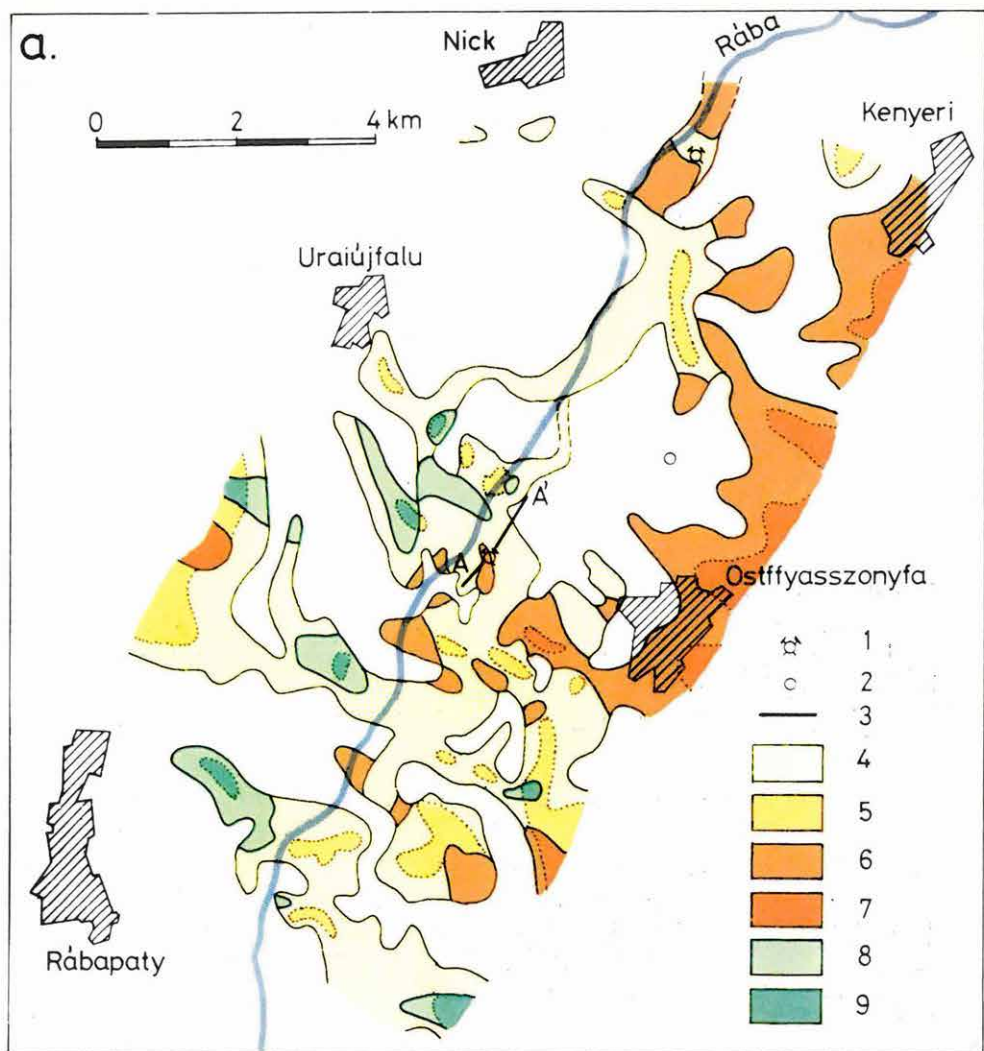
Рис. 52. Терраса и конусная осыпь р. Раба

### a) Распространение лучших водоносных формаций

1 — пробуренная скважина; 2 — планируемая скважина; 3 — трасса разреза на рис. б) 4 — самые благоприятные участки нижней водной базы,  $\rho > 40 \Omega\text{m}$ ,  $h > 50 \text{ m}$ ,  $H > 150 \text{ m}$ ; 5 — самое благоприятное распространение конусной осыпи:  $\rho > 40 \text{ m}$ ,  $h > 20 \text{ m}$ ,  $H > 30 \text{ m}$ ; 6 — самое благоприятное распространение террасы:  $\rho > 100 \text{ m}$ ,  $h > 5 \text{ m}$ ,  $H > 8 \text{ m}$ .

### b) Характерный геоэлектрический разрез

1 — раздел сопротивления (ВЭЗ); 2 — раздел поляризуемости (ВП); 3 — сопротивление толщи ( $\Omega\text{m}$ ); 4 — поляризуемость толщи ( $P_a\%$ ); 5 — нижняя водоносная формация (в скважине: тонкозернистый песок); 6 — глинистая подошва (в скважине: алевроит); 7 — террасовые формации (в скважине: гравий); 8 — глинистый опорный слой (в скважине: глина); 9 — конусная осыпь (в скважине: грубо- и среднезернистый песок)



### 53. ábra. Rába terasz és hordalékkúp

#### a) A teraszképződmények vízföldtani minősítése

1 — leemélyített fúrás; 2 — tervezett fúrás; 3 — MGS szelvény nyomvonala; 4 — homokos kifejlődés:  $h=5-10$  m,  $\rho=100-250$   $\Omega$ m; 5 — homokos kifejlődés:  $h>10$  m,  $\rho=100-250$   $\Omega$ m; 6 — durva homokos, kavicsos kifejlődés:  $h=5-10$  m,  $\rho>250$   $\Omega$ m; 7 — durva homokos, kavicsos kifejlődés:  $h>10$  m,  $\rho>250$   $\Omega$ m; 8 — agyagos kifejlődés:  $h=5-10$  m,  $\rho<100$   $\Omega$ m; 9 — agyagos kifejlődés:  $h>10$  m,  $\rho<100$   $\Omega$ m

#### b) Jellemző mérnökgeofizikai szelvény

1 — ellenállás réteghatár (VES); 2 — rétegösszetétel ellenállása ( $\Omega$ m); 3 — réteghatár (MGS); 4 — finom homok; 5 — durva homok; 6 — kavics; 7 — kőzetliszt; 8 — fúrásban: agyag

Fig. 53. Terrace and alluvial cone of River Rába

#### a) Hydrological classification of terrace sediments

1 — existing borehole; 2 — planned borehole; 3 — line of engineering geophysical soundings; 4 — sandy facies:  $h=5-10$  m,  $\rho=100-250$   $\Omega$ m; 5 — sandy facies:  $h>10$  m,  $\rho=100-250$   $\Omega$ m; 6 — coarse sand, gravel facies:  $h=5-10$  m,  $\rho>250$   $\Omega$ m; 7 — coarse sand, gravel facies:  $h>10$  m,  $\rho>250$   $\Omega$ m; 8 — shaly facies:  $h=5-10$  m,  $\rho<100$   $\Omega$ m; 9 — shaly facies:  $h>10$  m,  $\rho<100$   $\Omega$ m

#### b) Characteristic engineering geophysical sounding profile

1 — resistivity boundary (VES); 2 — resistivity of layer ( $\Omega$ m); 3 — layer boundary (EGS); 4 — fine grained sand; 5 — coarse sand; 7 — silt; 8 — in borehole: shale

Рис. 53. Терраса и конусная осыпь р. Раба

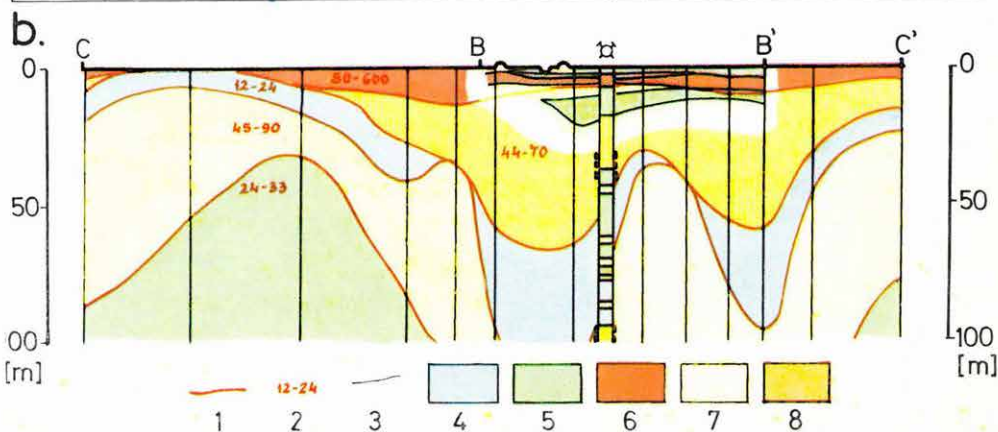
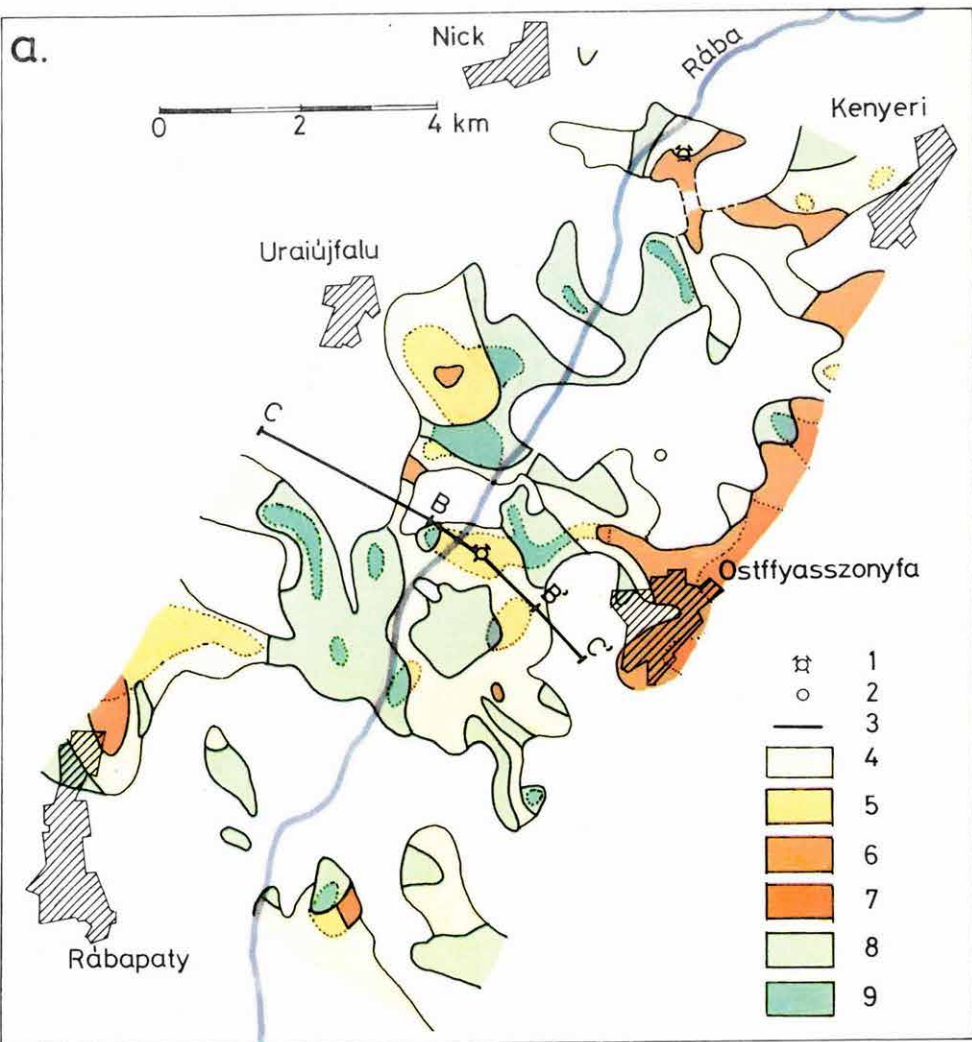
#### a) Гидрогеологическая квалификация террасовых формаций:

1 — пробуренная скважина; 2 — планированная скважина; 3 — трасса профиля МГЗ; 4 — песчаный фаций:  $h=5-10$  м,  $\rho=100-250$   $\Omega$ m; 5 — песчаный фаций:  $h>10$  м,  $\rho=100-250$   $\Omega$ m; 6 — гравийный фаций с грубозернистым песком:  $h=5-10$  м,  $\rho>250$   $\Omega$ m; 7 — гравийный фаций с грубозернистым песком:  $h>10$  м,  $\rho>250$   $\Omega$ m; 8 — глинистый фаций:  $h=5-10$  м,  $\rho<100$   $\Omega$ m, 9 — глинистый фаций:  $h>10$  м,  $\rho<100$   $\Omega$ m

#### b) Характерный инженерно-геофизический разрез

1 — раздел сопротивлений (ВЭЗ); 2 — сопротивление толщи ( $\Omega$ m); 3 — раздел (МГЗ); 4 — токозёрнистый песок; 5 — грубозернистый песок; 6 — гравий; 7 — алеврит; 8 — в скважине: глина





## 54. ábra. Rába terasz és hordalékkúp

### a) A hordalékkúp vízföldtani minősítése

1 — lemélyített fúrás; 2 — tervezett fúrás; 3 — MGS (B—B') és VES (C—C') szelvény nyomvonala; 4 — homokos kifejlődés:  $h=20-40$  m,  $\rho=40-70$   $\Omega$ m; 5 — homokos kifejlődés:  $h>40$  m,  $\rho=40-70$   $\Omega$ m; 6 — durvahomokos kifejlődés:  $h=20-40$  m,  $\rho>70$   $\Omega$ m; 7 — durvahomokos kifejlődés:  $h>40$  m,  $\rho>70$   $\Omega$ m; 8 — agyagos kifejlődés:  $h=20-40$  m,  $\rho<40$   $\Omega$ m; 9 — agyagos kifejlődés:  $h>40$  m,  $\rho<40$   $\Omega$ m

### b) Geoelektromos (C—C') és mérnökgeofizikai (B—B') szelvény

1 — ellenállás réteghatár (VES); 2 — rétegösszetétel ellenállása ( $\Omega$ m); 3 — réteghatár (MGS); 4 — agyagos vezérréteg (fúrásban: agyag); 5 — agyagos fekvő (MGS szelvényben és fúrásban: közetliszt); 6 — teraszképződmények (MGS szelvényben és fúrásban: kavics); 7 — alsó víz-bázis (MGS szelvényben és fúrásban: finom homok); 8 — hordalékkúp (fúrásban: durva homok)

Fig. 54. Terrace and alluvial cone of River Rába

### a) Hydrological classification of the alluvial cone

1 — existing borehole; 2 — planned borehole; 3 — EGS (B—B') and VES (C—C') profiles; 4 — sandy facies:  $h=20-40$  m,  $\rho=40-70$   $\Omega$ m; 5 — sandy facies:  $h>40$  m,  $\rho=40-70$   $\Omega$ m; 6 — coarse sand facies:  $h=20-40$  m,  $\rho>70$   $\Omega$ m; 7 — coarse sand facies:  $h>40$  m,  $\rho>70$   $\Omega$ m; 8 — shaly facies:  $h=20-40$  m,  $\rho<40$   $\Omega$ m; 9 — shaly facies:  $h>40$  m,  $\rho<40$   $\Omega$ m

### b) VES (C—C') and EGS (B—B') profiles

1 — resistivity boundary (VES); 2 — resistivity of layer ( $\Omega$ m); 3 — layer boundary (EGS); 4 — shaly marker (in boreholes: shale); 5 — shaly bottom (in EGS section and in boreholes: silt); 6 — terrace sediments (in EGS sections and in boreholes: gravel); 7 — lower water base (in EGS sections and in boreholes: fine grained sand); 8 — alluvial cone (in boreholes: coarse sand)

Рис. 54. Терраса и конусная осыпь р. Раба

### a) Гидрогеологическая квалификация конусной осыпи:

1 — пробуренная скважина; 2 — планированная скважина; 3 — трассы профилей МГЗ (B—B') и ВЭЗ (C—C'); 4 — песчаный фаций:  $h=20-40$  м,  $\rho=40-70$   $\Omega$ м, 5 — песчаный фаций:  $h>40$  м,  $\rho=40-70$   $\Omega$ м; 6 — грубопесочный фаций:  $h=20-40$  м,  $\rho>70$   $\Omega$ м; 7 — грубопесочный фаций:  $h>40$  м,  $\rho>70$   $\Omega$ м; 8 — глинистый фаций:  $h=20-40$  м,  $\rho<40$   $\Omega$ м; 9 — глинистый фаций:  $h>40$  м,  $\rho>40$   $\Omega$ м

### b) Геоэлектрический (C—C') и инженерно-геофизический (B—B') разрезы

1 — раздел сопротивлений (ВЭЗ); 2 — сопротивление толщи ( $\Omega$ м); 3 — раздел (МГЗ); 4 — глинистый опорный слой (в скважине: глина); 5 — глинистая подошва (в разрезе МГЗ и скважине: алевроит); 6 — террасовые формации (в разрезе МГЗ и скважине: гравий); 7 — нижняя водная база (в разрезе МНЗ и скважине: тонкий песок); 8 — конусная осыпь (в скважине: грубый песок)

dik és kevésbé mederszerű. A víznyerés szempontjából kedvezőek a 40  $\Omega$ m-nél nagyobb ellenállású, 20 m-nél nagyobb vastagságú és 30 m-nél nagyobb fekülmélységű részei. Az összletnek viszonylag nagy kiterjedésű, összefüggő része a terület közepén és ÉK-i sarkában található. A MGS mérések csak helyenként érték el a hordalékkúp képződményeit. Az 1. fúrás ezt az összletet a legnagyobb kiterjedésű részén harántolta s az 2700 liter/perc vizet ad. A 2. fúrás a hordalékkúp egy másik részén mélyült és 25 m-es depresszió mellett csak 1200 liter/perc vizet szivattyúztak. Ez arra utal, hogy az összlet kedvező ellenállásától függetlenül a homokok szemcsemérete a finomabb felé tolódik el és vízleadó képességük csökken. A karotázs mérések is ezt támasztják alá.

Az alsó vízadó képződmény (alsó vízbázis) a geofizikai mérések alapján a terület legperspektivikusabb rétegösszlete. Fajlagos ellenállása 36—60  $\Omega$ m, vastagsága 40—200 m; ezek az értékek összefüggő homokrétteg kivastagodására utalnak. A GP szondázások alapján ( $P \sim 3\text{—}5\%$ ) az összlet erősen rétegzett és a homokrétteg finom szemcséjűek. Ez a képződmény az egész területen összefüggően megtalálható. Víznyerés szempontjából legjobbak azok a részei, ahol az ellenállás  $> 40 \Omega$ m, a vastagság  $> 50$  m és a fekülmélység  $> 150$  m (52/b ábra). A karotázs mérések és a fúrási magminták is megerősítették a geofizikai mérések következtetéseit. Az 1. fúrásban három, a 2. fúrásban öt vastag homokrétteget jeleztek az összletben a karotázs mérések. Mindkét fúrásban az összlet tetején található vastag homokrétteg a legkedvezőbb megítélésű az összes kimutatott homokrétteg közül. A két felső réteget hidrológiai szempontból is megvizsgálták. Az 1. fúrásban 2000 liter/perc, a 2. fúrásban 2700 liter/perc vízhozamot értek el 12 m, illetve 17 m depresszió mellett.

A geofizikai mérések alapján — a három vízadó képződmény nagysága és kifejlődése szempontjából — a kutató terület ÉK-i része a legkedvezőbb. Itt a terasz kellő vastagságú és kiterjedésű. A hordalékkúp is itt vastagabb és nagyobb ellenállású, mint a terület más részein. Különösen a 2. fúrástól DK-re eső terület látszik a legjobbnak. Az alsó vízadó képződmény nagy kiterjedésű és itt a legvastagabb. A fúrások, valamint a három vízadó képződményre vonatkozó 6700 liter/perc, illetve 4700 liter/perc összvízhozam alátámasztotta a geofizikai mérésekből levont következtetéseinket.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a geofizikai paraméterek segítségével meghatároztuk a terület üledékföldtani viszonyait, és a legjobb vízbázisokat. Ennek alapján már kijelölhetők a részletes hidrológiai vizsgálatok térségei, amelyek vízmű telepítésére alkalmasak lehetnek.



### 1.4.3 Felszínmozgások vizsgálata

A felszínmozgások vizsgálata csaknem minden esetben bonyolult, összetett feladatot jelent. A mozgásokat kiváltó okok, a mozgások mechanizmusának tisztázása a hagyományos feltérítési módszerekkel (fúrás, kutatóakna, árkolás stb.) csak gazdaságtalanul, vagy tektonikával kombinált, bonyolultabb esetekben sokszor nem is oldható meg. 1982-ben két felszínmozgásos területen végeztünk geofizikai kutatást.

#### *Felszínmozgások mérnökgeofizikai vizsgálata a Dráva mentén\**

A Dráva magaspártjának vizsgálatára a jugoszláv GEOEXPERT-tel és a VIZITERV-vel együttműködésben módszertani jellegű kutatást kezdtünk, Vízvár—Bélavár—Zákány térségében.

A partmozgások vizsgálatánál az in situ méréseket helyeztük előtérbe. A magaspártok mozgásánál ugyanis a mozgásban résztvevő kőzetek — jóllehet többszörösen is áthalmazódnak — litológiai összetételük lényegében nem változik. Megváltozik azonban a fizikai tulajdonságuk pl. mechanikai ellenállásuk, elektromos fajlagos ellenállásuk, térfogatsúlyuk és természetesen még számos fizikai paraméterük. Az ELGI-ben kidolgozott ún. mérnökgeofizikai szondázás (MGS) módszere alkalmas az in situ vizsgálatok végzésére (a módszer rövid ismertetése megtalálható az ELGI 1978. Évi Jelentése 37—39. oldalán).

A magaspárt felszínmozgásos területeinek vizsgálatát a következőképpen terveztük:

a) Légifényképek, valamint a morfológia alapján kijelölt, a magaspártra merőleges szelvények mentén részletes geoelektromos vizsgálatokat végzünk, elsősorban vertikális elektromos szondázásokkal, szükség esetén — zavartabb területrészeken — horizontális szelvényezést is alkalmazva, vagy dipol-dipol szelvényezéssel. A kutatás eredményeképpen a magaspárt geoelektromos modelljét kapjuk, amely tükrözi a vízzáró és vízvezető összetek helyzetét, kimutatja a helyben maradt és a mozgásban részt vett kőzetek határát és tájékoztat a mozgások várható mélységéről.

b) A geoelektromos modell ismeretében telepítjük a mérnökgeofizikai szondázásokat. Az öt (szükség esetén több) paraméter együttes értékeléséből a vizsgált ponton a harántolt képződmények részletes rétegsorát kapjuk. A litológiai változások pontos meghatározásán kívül ez a rétegsor azt is jelzi, hogy egy rétegen belül a fizikai állapot (törőszilárdság, hézagterfogát, képlékenység stb.) változik-e meg, vagy pl. folyamatos üledékképződés során a kőzet-tani összetétel folyamatosan, litológiai határ nélkül változik-e. Ettől a módszertől várjuk a mozgó kőzettömbök elkülönítését és a csúszólapok kimutatását.

\* Jósza E., Taba S.

A magasparti vizsgálatok elsődleges célja a mozgásokat kiváltó okok feltárása, amelynek ismeretében következtetni lehet arra is, hogy milyen hatással lesz a visszaduzzasztott Dráva a magaspartok állékonyására.

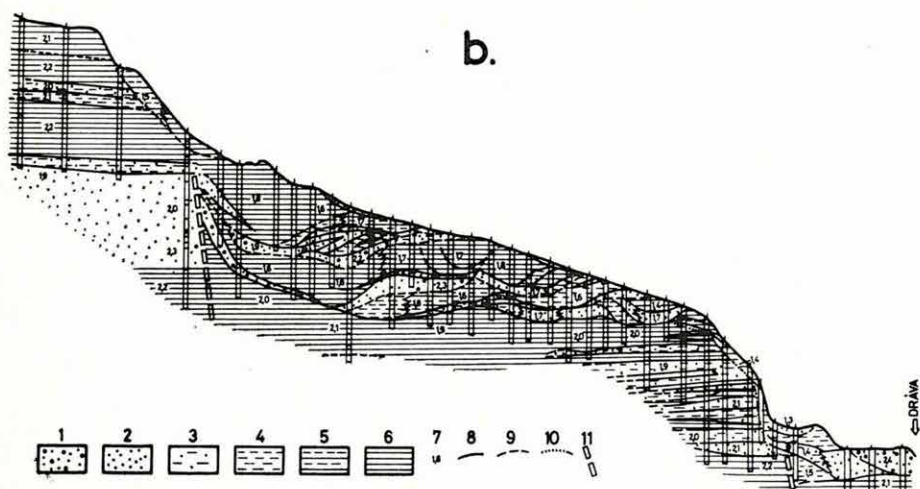
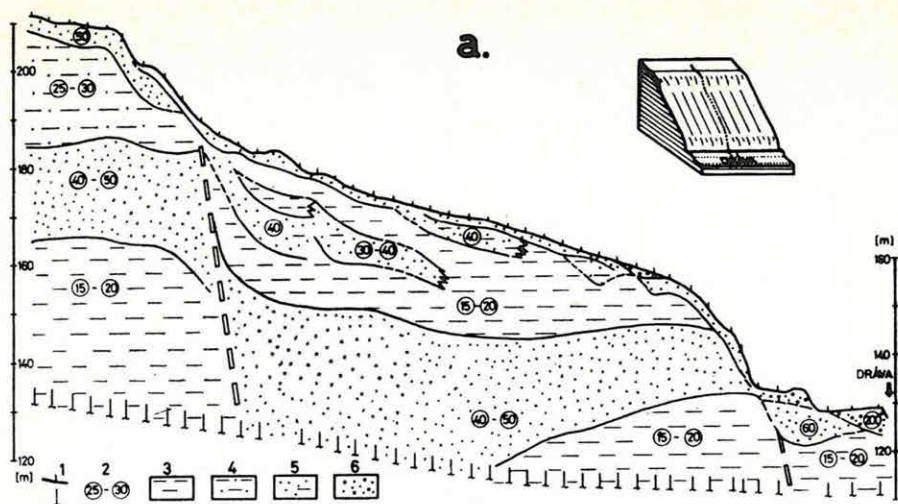
c) A hidrogeológiai viszonyok részletes megismerése céljából figyelőkutakat és folyamatos vízszintregisztrálást tervezünk a mozgásoktól nem érintett magasparti szakasz víztároló rétegeiben, a mozgó köztömbök porózus összleteiben és a Dráva teraszában. A megfigyelésekből meghatározható a vízutánpótlódás, nyomon követhető a Dráva felé szivárgó víz és regisztrálható a Dráva vízszintingadozásának hatása. A vízszintészleléseken kívül terveztük a magaspartot harántoló szelvény mentén megjelenő vizek részletes kémiai elemzését, a jellemző porózus szintek  $k$  tényezőjének meghatározását, és — ha indokolt — egy-egy vízáramlás-méréssel egészítjük ki a hidrogeológiai megfigyeléseket.

A kutatási koncepcióból ez ideig az a) és b) pontban részletezett vizsgálatokat végeztük el Zákány térségében. A Zákányi magaspart a Dráva-völgy fölé 60—100 m-re magasodó, pannóniai képződményekből álló kiemelt terület széle. Felépítését néhány fúrás alapján ismerjük: agyagrétegek váltakoznak homokos-aleuritos csíkokkal, helyenként aprókavicsos homokkal. Az agyag általában közepesen plasztikus, a szelvény felső szintjében sodorható, mélyebben inkább kemény. A homokos-iszapos, aleuritós rétegekben vízszivárgás volt észlelhető a fúrások során. A magaspart szélén keletkezett rogyások, csúszások kialakulásában jelentős szerepük lehet ezeknek a vízszivárgásoknak.

A csúszások a lejtő morfológiai képét erőteljesen befolyásolják. Néhol 1—2 méteres szakadások, a lejtés irányában kialakult kis völgyek mint csúszópályák, a lejtő lábánál torlódások, szétterült, sárfolyásból származó kis hordalék-kúpok ismerhetők fel. A mozgásokat jelzi a növényzet is: ferde, különböző irányokban megdőlt fák, a szakadások mentén erőteljes vízbeszivárgás hatása a környezetnél jobban zöldellő fűfélék jelenléte.

A vizsgálatok első lépéseként a légifényképeken kijelölt, jellemző magaspart-szakaszt harántoló szelvény mentén VES mérésekkel határoztuk meg a geofizikai modellt (55/a ábra). A modelltől két vető ismerhető fel (az eddigi felfogás szerint a morfológiát csak a partmozgások alakították): a felső a vízszintesen települő, mozgásban részt nem vett pannóniai összletet zárja le, az alsó az alluviális Dráva teraszt határolja. A két vető között a modell a lejtővel ellentétes irányba billent pannóniai összletet sejtet, amelynek főleg a felső szakaszán mutatkoznak a zavart településű, áthalmozódott képződmények.

A partmozgás-vizsgálat második fázisában, a modell ellenőrzésére mérnök-geofizikai szondázásokat telepítettünk. Ezek igazolták a modell helyességét és a felső 20—30 m-es összletről részletesebb képet adtak (55/b ábra). A magaspart felső szakaszán — a VES mérésekkel is kimutatott vetőig — a vízszintesen települt, felső néhány méteres agyagos löszrétegektől eltekintve, tömör réte-





geket tártak fel a szondázások, bizonyítva, hogy a mozgások fellazító hatása nem érte el azokat.

A két vető között változó nagyságú tömbökben, esetenként többszörösen is áthalmazódott a magaspárt anyaga. A mozgásban résztvett zónára jellemző a csökkent térfogatsúly és a gyúrt, változatos rétegződés. A minimális nyomószilárdsággal, kis fajlagos ellenállással és térfogatsúllyal elkülönülő csúszólapok rendszerint olyan agyagos kifejlődésű képződmények határához kötöttek, amelyek felett porózus rétegek vannak.

A magaspárt felső szakaszán nagyobb mélységben (20 m) és nagyobb tömbökben történt az elmozdulás (az ábrázolhatóság érdekében a szondázások összevont rétegsorát adjuk meg). A lejtőn lefelé haladva — nyilvánvalóan a többszöri áthalmazódás következtében — a lecsúszó tömegek kisebbek, változatosabb felépítésűek és a mozgások mélysége 5 m-ig csökken. A magaspárt

#### 55. ábra. A Dráva folyó magaspártjának mérnökgeofizikai vizsgálata

##### a) Földtani—geofizikai modell

1 — vertikális elektromos szondázás helye és kutatási mélysége; 2 — geoelektromos összlet jellemző fajlagos ellenállása; 3 — uralkodóan agyagos felépítésű rétegösszlet; 4 — agyagos kőzetlisztes képződmények; 5 — uralkodóan porózus képződmények, agyagos kőzetlisztes közbetelepülésekkel; 6 — homok, kavicsos homok, homokos kavics

##### b) Mérnökgeofizikai szelvény

1 és 2 — kavicsos homok, homok, finomhomok; 3 — homokliszt; 4 — kőzetliszt általában; 5 — agyagos kőzetliszt; 6 — agyag, kőzetlisztes agyag; 7 — jellemző térfogatsúly; 8 — főcsúszólap; 9 — másodlagos csúszólap; 10 — a blokkos csuszamlást megelőző szőnyegcsúszás; 11 — vető

#### Fig. 55. Engineering geophysical survey of the high bank of River Dráva

##### a) Geological—geophysical model

1 — site and penetration of VES; 2 — characteristic resistivity of geoelectric complex; 3 — mainly argillaceous complex; 4 — clayey, silty complex; 5 — mainly porous layers with clayey-silty interbeddings; 6 — sand, gravel

##### b) Engineering geophysical cross section

1 and 2 — sandy gravel, sand, fine-grained sand; 3 — very fine-grained sand; 4 — silt; 5 — argillaceous silt; 6 — clay, silty clay; 7 — characteristic bulk density; 8 — main slip plane; 9 — secondary slip plane; 10 — mass-slip preceding block-slip; 11 — fault

#### Рис. 55. Инженерно—геофизическое исследование высокого берега р. Драва

##### a) геолого—геофизическая модель

1 — место и глубинность ВЭЗ; 2 — характерное удельное сопротивление геоэлектрического разреза; 3 — толща с преобладанием глины; 4 — глинисто-алевритные формации; 5 — пористые в преобладающей части формации; 6 — песок, гравийный песок, песчаный гравий

##### b) Инженерно—геофизический разрез

1 и 2 — гравийный песок, песок, тонкозернистый песок; 3 — очень тонкий песок; 4 — алеврит в основном; 5 — глинистый алеврит; 6 — глина, глина с алевритом; 7 — характерный объемный вес; 8 — поверхность основного скольжения; 9 — поверхность вторичного скольжения; 10 — скольжение покрова, предшествующее скольжению блока, 11 — сброс

meredeken eső alsó szakaszán csaknem felszíni kibúvásban kerülnek elő a vetősíkkal feltárt rétegfejek. Megjegyezzük, hogy a morfológiából következtetve a magaspart alsó szakaszán mély, a Dráva szintje alá metsző csúszólapokat vártunk.

A magaspart térségében a vízelvezetés nincs megoldva. A mozgások következtében létrejövő torlódások, többszöri áthalmozódások akadályozzák a víz kifolyását, ezért a partoldal állandóan labilis állapotban van. A mozgások megindulásához elegendő a víznyomás megnövekedése, vagy a tágabb környezetben viszonylag gyakran előforduló földrengés, de több esetben kiváltotta már a magaspart lábánál húzódó vasúton haladó szerelvény keltette rezgés is.

Eddigi vizsgálataink alapján a mozgás okáról és mechanizmusáról viszonylag kielégítő képet kaptunk, nem ismerjük azonban pontosan, hogy milyen hidrológiai változásoknál újul ki a partmozgás. Ehhez a c) pontban ismertetett hidrológiai vizsgálatok szükségesek. A komplex vizsgálat elvégzését indokolja az is, hogy a több 10 km hosszúságú magaspart földtani felépítése lényegesen változhat.

#### *Felszínmozgások geoelektromos vizsgálata Orfű térségében\**

A MÁFI megbízásából geoelektromos méréseket végeztünk a az Orfűi-völgy jellegzetes felszínmozgásos területén. A korábbi fúrások és megfigyelések szerint a helvét halpikkelyes agyagmárga lassú, kúszó mozgást végez a helvét slir felszínén és csúszásra hajlamosak a fellazult, 10–30 m vastag felszíni réteg is. A geoelektromos méréseknek két feladatuk volt: a triász medencealjzat domborzatának meghatározása az Orfűi-tó térségében és a holocén üledékek vastagságának, illetve települési viszonyainak tisztázása a tó ÉK-i oldalán.

Az  $AB_{max}=800$  m-es VES szondázások eredményeiből arra következtethetünk, hogy az Orfűi-tó egy DNY-i irányban enyhén lejtő, meredek vetőkkel határolt triász süllyedékben helyezkedik el, amelyet rétegzett és gyúrt márga-összlet tölt ki.

A tó ÉK-i oldalán végzett kis behatolási mélységű mérések (VES és dipól—dipól szelvényezés) szerint a mozgásmentes völgy és a mozgásban levő domboldal geoelektromos felépítése eltérő. A völgyben a változatos kifejlődésű holocén összlet jól tagolható, nyugodt településű. Ugyanez az összlet a domboldalon, az átnedvesedett halpikkelyes márgán csúszva, rendkívül zavart geoelektromos képet mutat.

---

\* Taba S.



## 1.5 HAJDÚSÁGI SZEIZMIKUS MÉRÉSEK ÚJRAFELDOLGOZÁSÁNAK EREDMÉNYEI\*

Az OKGT megbízásából a hajdúsági kutatási területen 1974—1977 között szeizmikus reflexiós méréseket végeztünk. A mérést és a kutatás főbb eredményeit a megfelelő intézeti Évi Jelentésekben ismertettük. Az intézeti mérésekről szóló összefoglaló jelentés 1979-ben készült el. A kutatási tevékenységgel egyidőben, majd azt követően az OKGT GKV is végzett méréseket a terület közelében, majd később a kutatási területen is részletező jelleggel.

1981-ben az OKGT Kutatási Osztálya az ELGI által mért digitális terepi anyagból 13 db szelvény újrafeldolgozását rendelte meg, mert a terület kőolajkutatási jelentősége egyre inkább előtérbe került. Az újrafeldolgozást még két lényeges szempont indokolta: az 1980-ban beszerzett R—35 számítógép és korszerű programrendszer biztosítékot nyújtott, hogy az újra feldolgozott szelvényekből az előzőekhez viszonyítva részletesebb földtani információt lehet kapni, tehát ezáltal szükségletelenné válik a szóbanforgó szelvények terepi újramérése.

Az újrafeldolgozás befejezése után a GKV saját szeizmikus anyagának feldolgozása is befejeződött, így megnyílt a lehetőség, hogy a két intézmény kutatási eredményei közös jelentésben, egységesen feldolgozva kerüljenek kiadásra. Ez a szeizmikus kutatási jelentés 1982. végére készült el, mint az OKGT GKV 177. sz. jelentése.\*\*

E jelentés anyagából az újrafeldolgozott Vé—41/77 szelvényt mutatjuk be (helyszínrajza az 56. ábrán) VERSATEC szelvényírón készült fekete—fehér változatban és az ELGI COROLLPRESS szelvényírójával készített amplitúdó nagyság szerint színezett változatban (57. és 58. ábra).

A szelvényt az ELGI R—35 számítógépén dolgoztuk fel az SzCSz—3 programrendszer segítségével. A feldolgozás lépései a következők: csatornánkénti amplitúdó kiegyenlítés, prediktív dekonvolúció, szélessávú szűrés, sebességvizsgálatok, összegzés, maradék statikus javítás, jelalak és fáziskorrektció, koherencia szerinti jelkiemelés és hullámegyenlet-migráció és végül a migrált szelvény időben változó szűrése. A régi és új feldolgozás összehasonlítására

\* Albu I., Timár Z.

\*\* Jelentés a Geofizikai Kutató Vállalat és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1975—81. években Bagamér—Álmosd—Kismarja-É kutatási területen végzett szeizmikus reflexiós méréseiről.



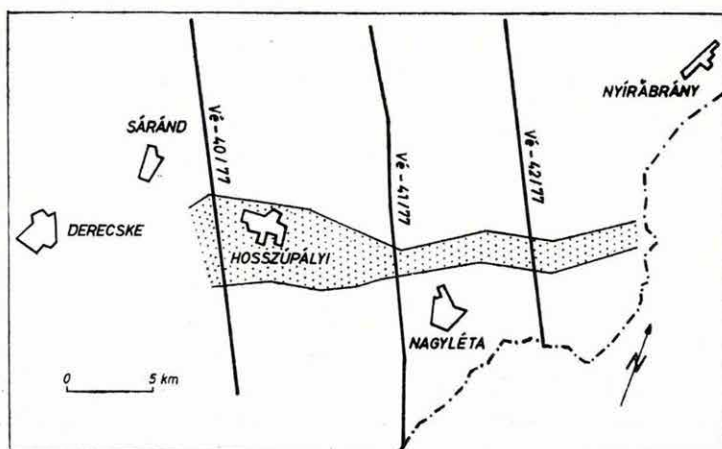
az 1977. Évi Jelentés 36. ábrája ad lehetőséget, bár csak közelítően (Vé—40/77 szelvény).

A szelvénykép legszembeütőbb jellegzetessége a középtájon látható mély árok. A beszakadás hatása a neogén üledéktakarón keresztül szinte a felszínig követhető. Az új feldolgozás eredményeként a neogén összlet aljzatában a törések nagyobb biztonsággal jelölhetők ki; mind a neogén összlet belső felépítése, mind az idősebb kőzetek szerkezeti jellemzői sokkal részletesebben rajzolódtak ki.

A neogén sorozat aljzatát a mozgási zónától DK-re a Kismarja—Álmosd terület fúrásaiból megismert paleozoos vonulat ÉNy irányban egyre süllyedő felszíne alkotja. A paleozoos aljzat a mozgási zóna ÉNy-i peremén jelentős kiemelkedést mutat (7300—12 300 szelvénykarók). A kiemelt blokk ÉNy-i határán feltolódásra utaló kép mutatkozik.

A neogénnél idősebb felső kréta—paleogén (flis) képződményeket — mélyfúrási adatok híján — csupán feltételezni lehet, a már említett idős aljzatkiemeléssel képviselt „aljzatgát” ÉNy-i oldalán.

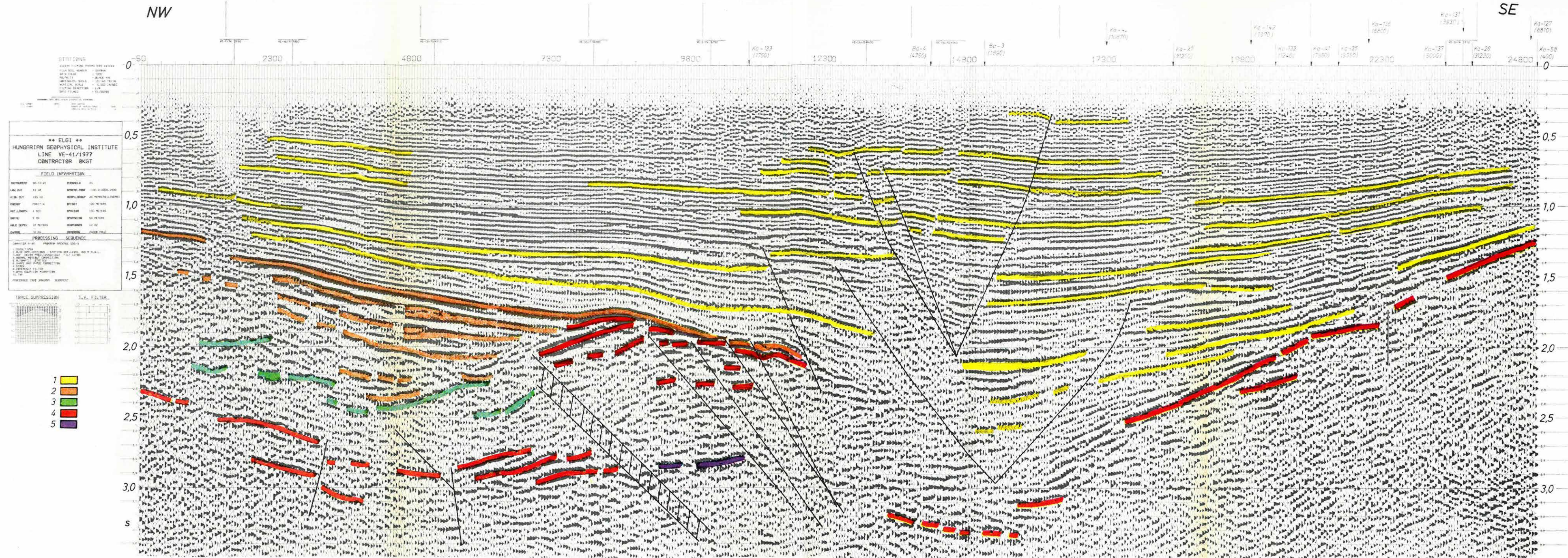
A neogén üledékösszletben a mozgási övezeten belüli jelenségek rendkívül jól tanulmányozhatók. A fekete—fehér szelvényírók megjelenítéshez képest a színes, amplitúdó szerinti leképezésnél a szeizmikus energiaváltozások követhetőkké válnak. Érdekes pl. a szelvényben hosszan követhető „markerek” monokromatikus jellegét figyelni a fiatal üledéksorban. A mozgási övezetben a törések szinte önmagukat jelölik ki (vékony szaggatott vonallal jelölve) ott is, ahol a fekete—fehér kiíráson az amplitúdó-szabályozás következtében a szint folyamatos és csak a fázistengelyben van változás. Az amplitúdó nagyság szerinti színes kiírásban viszont jelentős változás mutatkozik a jelek energiájában is.



56. ábra. Vé—41/77 szelvény helyszínrajza a mozgási zóna feltüntetésével

Fig. 56. Location map of seismic profile Vé-41/77 with the tectonic zone  
 Puc. 56. Схема местности по профилю Vé—41/77 с указанием зоны движения







57. ábra. Vé—41/77 időszelvény kiírása VERSATEC szelvényírón

A reflexiók jelölésére használt színelcs: 1 — pliocén; 2 — miocén; 3 — paleogén—kréta flis; 4 — paleozoos—prekambriumi; 5 — idősebb paleozoos rétegekről származó reflexiók

Fig. 57. Vé—41/77 seismic time section displayed by VERSATEC plotter

Reflections are marked according to the following colour key: 1 — Pliocene; 2 — Miocene; 3 — Paleogene—Cretaceous flysch; 4 — Palaeozoic—Precambrian; 5 — reflections from older Palaeozoic layers

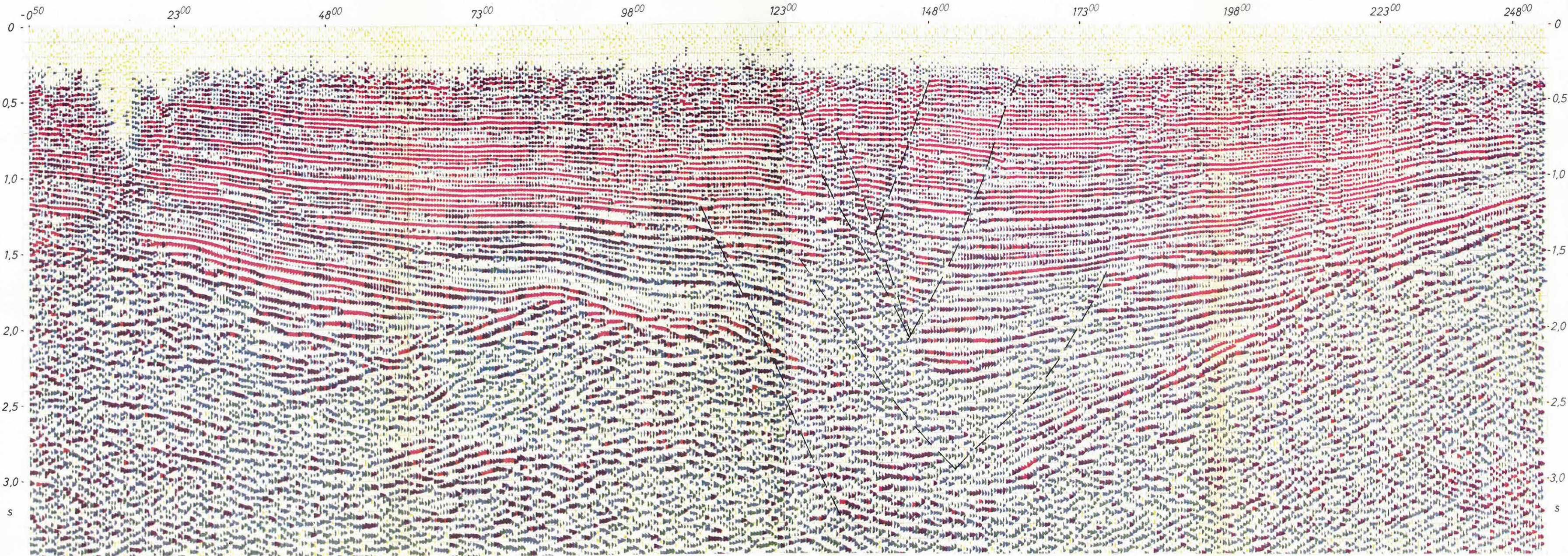
Рис. 57. Вычерчивание временного разреза Vé—41/77 на графопостроителе VARSATEC

Ключ оттенков, использованных для обозначений отражений: 1 — плиоцен; 2 — миоцен; 3 — палеогеново-меловой флиш; 4 — отражения от палеозойско-докамбрийских слоев; 5 — отражения от древнепалеозойских слоев



NW

SE





58. ábra. V<sub>é</sub>—41/77 időszelvény amplitúdó nagyság szerint színezve

Az egyedi csatornák maximális amplitúdójához viszonyítva piros 85—100%, narancs 70—85%, barna 55—70%, lila 40—55%, kék 25—40%, zöld 10—15%, sárga 0—10%

Fig. 58. V<sub>é</sub>-41/77 seismic time section coloured with respect to reflection amplitude

Key: red 85-100%, orange 70-85%; brown 55-70%, purple 40-55%, blue 25-40%, green 10-15%, yellow 0-10% as referred to the maximal amplitudes of the individual traces

Рис. 58. Временной разрез V<sub>é</sub>—41/77 с раскраской по амплитуде

По отношению к максимальной амплитуде индивидуальных каналов: красный: 85—100%, оранжевый: 70—85%, коричневый: 55—70%, лиловый: 40—55%, синний: 25—40%, зеленый: 10—15%, желтый: 0—10%

A Központi Földtani Hivatal és a Magyar Állami Földtani Intézet megbízásából 1981 óta folyik reflexiós szeizmikus kutatás a Nógrád—cserhádi területen (59. ábra), a nógrádi barnakőszén előkutatási program keretében.

1982-ben a szeizmikus kutatás a Cserhát déli részén folyt, amelyet a Nógrádi-medencétől a Sóshartyán — szentkúti törésvonal választ el. Míg a törésvonaltól ÉK-re a barnakőszéntelepes összlet 150—500 m mélységben helyezkedik el és művelés alatt áll, addig a törésvonaltól DNy-ra ez az összlet a fúrási adatok szerint 400—800 m-re süllyed és nem teljes kifejlődésű.

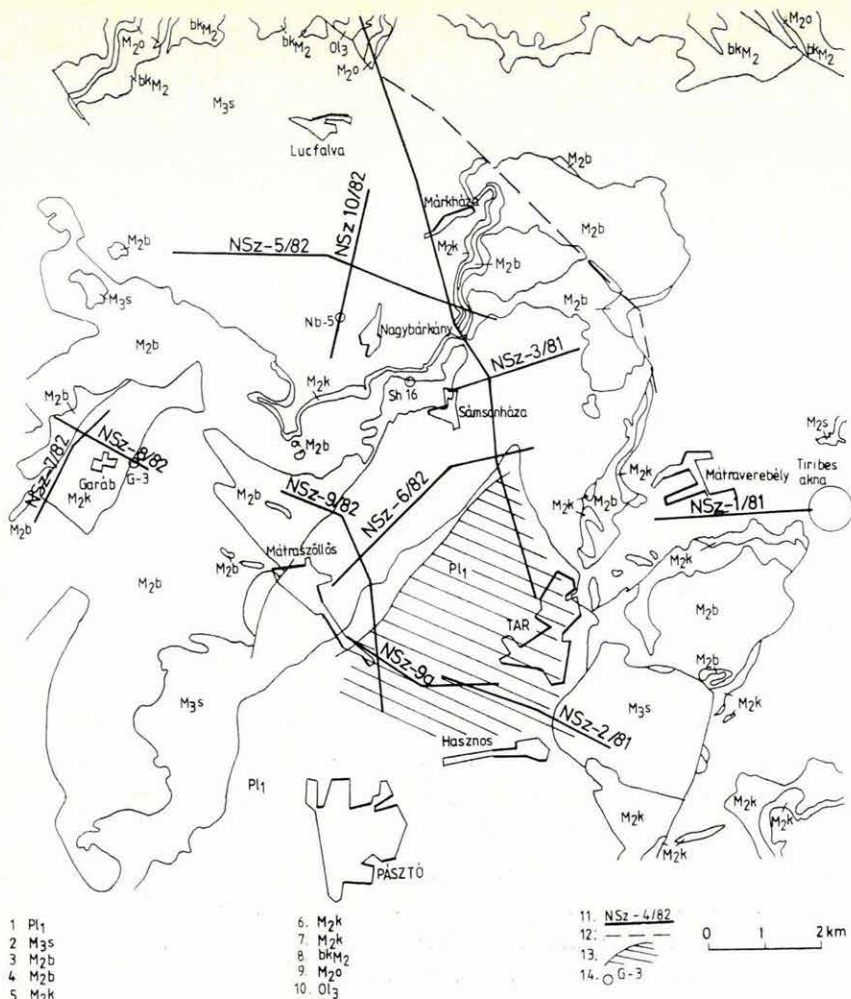
A szeizmikus kutatással párhuzamosan 1981 óta több fúrást (Garáb—3, Nagybárkány—5, Sámsonháza—16a) mélyítették, melyek csak az ún. 1. sz. telepet mutatták ki 0,3—1,3 m vastagságban.

A szeizmikus kutatás célkitűzései:

- a Tiribes aknától Ny-ra elterülő, fúrásokból ismert széntelepes összlet elhelyezkedésének, tektonikai viszonyainak vizsgálata,
- a Sóshartyán—szentkúti törésvonal Ny-i, levetett oldalán a miocén rétegsor tagolása, szerkezeti és mélységviszonyainak meghatározása,
- a széntelepes összlet mélyfeküjét jelentő miocén—oligocén határfelület kimutatása, nyomon követése,
- a produktív fúrások térségében a széntelepes összlet szelvénymenti követése.

A Mátraverebély és Tiribes akna között húzódó NSz—1/81 szelvény (60. ábra) jól korrelál a fúrások adataival, kimutathatók a fúrások közötti törések, zavart zónák. A széntelepes összletet (feketével jelölt szint) sikerült a szelvényen folyamatosan követni. A szelvény K-i végén, Tiribes bányában 250 m mélységben bányásszák a szenet. 26<sup>50</sup>-nél, a bányahatárt jelentő É—D-i nagy vető mentén a széntelepes összlet 600 m mélyre süllyed, majd Ny felé fokozatosan 300 m-t emelkedik. Az emelkedést több helyen vetők szakítják meg. A széntelepes összlet a szelvény K-i oldalán nyugodt településű, Ny-on jobban tektonizált. A szenes összlet alatt 40—60 m-rel látható, vékony vonallal jelölt szint

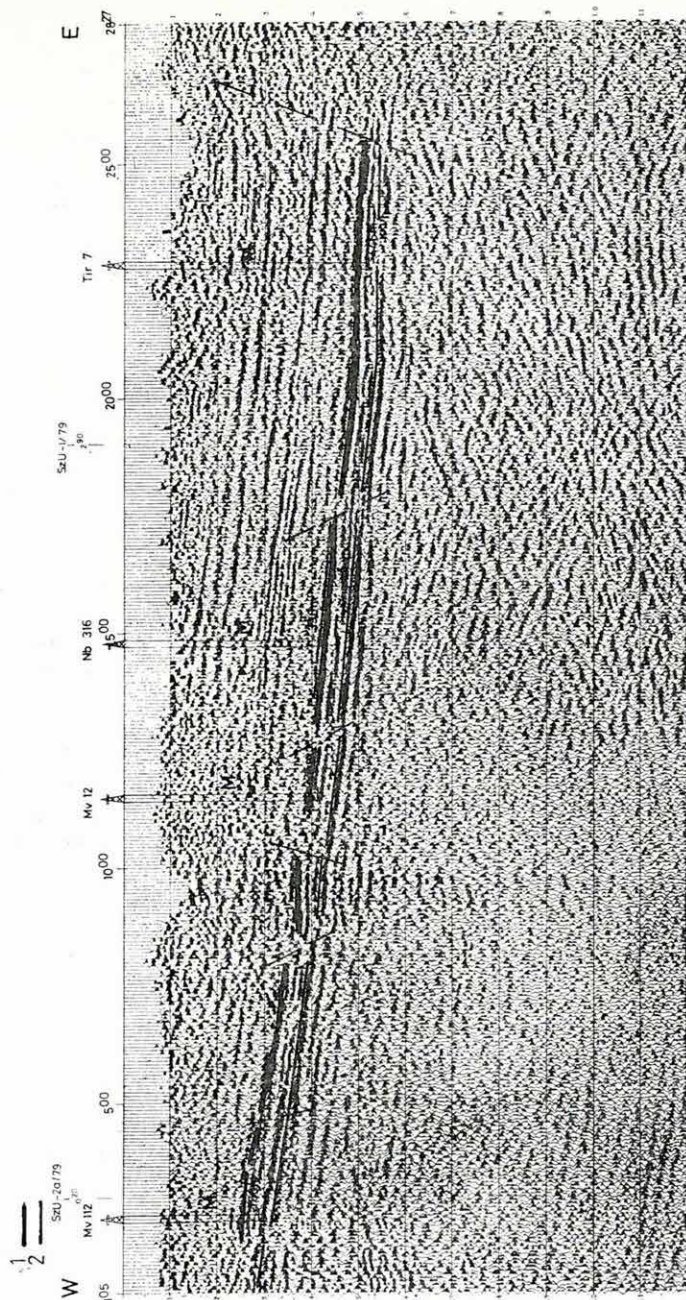




59. ábra. A Nógrád-cserhádi szeizmikus reflexiók méréshelyszínrajza  
 1 — pannon agyag; 2 — szarmata tengeri és szárazföldi összlet; 3 — bádeni agyagmárga;  
 4 — bádeni andezit; 5 — kárpáti amfibolandezit, tufa; 6 — kárpáti slir; 7 — kárpáti „középső  
 riolituffa”; 8 — ottngangi barnakőszéntelepes összlet; 9 — ottngangi „alsó riolituffa”; 10 — oligo-  
 cén slir; 11 — szeizmikus szelvény; 12 — Sőshartyán — szentkúti törésvonal; 13 — fúrás-  
 os kutatásra nem javasolt terület; 14 — szénkutató fúrás

Fig. 59. Location map of seismic survey in the Nógrád coal basin  
 1 — Pannonian shale; 2 — Sarmatian littoral and terrigenous complex; 3 — Badenian shaly  
 marl; 4 — Badenian andesite; 5 — Charpatian amphibole-andesite; 6 — Charpatian fine-  
 grained molasse sediments (schlier); 7 — Charpatian “middle rhyolite tuff”; 8 — Ottnangian  
 brown-coal complex; 9 — Ottnangian “lower rhyolite tuff”; 10 — Oligocene schlier; 11 —  
 seismic profile; 12 — fault line of Sőshartyán—Szentkút; 13 — area not suggested for drill-  
 ing; 14 — coal exploration borehole

Рис. 59. План сейсморазведки по МОВ в районе Ноград—Черхат  
 1 — глинистая мергель баденская; 2 — морская и терригенная толща сарматского возраста; 3 —  
 глинистая мергель баденская; 4 — баденский андезит; 5 — карпатский амфиболовый  
 андезит, туф; 6 — карпатский слир; 7 — карпатский „средний риолитовый туф”; 8 —  
 оттнгангская толща с залежами бурого угля; 9 — оттнгангский „нижний риолитовый  
 туф”; 10 — олигоценый слир; 11 — сейсмический разрез; 12 — линия нарушения Шош-  
 хартьян—Сенткут; 13 — район, не предлагаемый для разведочного бурения; 14 — сква-  
 жина, бурящаяся на уголь



60. ábra. NSz-1/81 szeizmikus időszelvény (szűrés: 20–100 Hz)

1 — szentelepes összlet; 2 — alsó riolitufa összlet vagy miocén—oligocén határfelület

Fig. 60. NSz-1/81 seismic time section (filter: 20–100 Hz)

1 — coal-bearing formation; 2 — lower rhyolite tuff or Miocene—Oligocene contact

Рис. 60. Сейсмический временной разрез NSz-1/81 (фильтр: 20–100 Гц).

1 — угленосная толща; 2 — нижняя толща риолитового туфа или раздел миоцена—олигоцена



a feltételezett (fúrással fel nem tárt) ún. alsó riolittufa összlet, de kapcsolódhat a miocén—oligocén határfelülethez is.

A nógrádi szeizmikus kutatás leghosszabb szelvénye a közel É—D irányú, Lucfalva és Tar között húzódó NSz—4/82 szelvény (61. ábra). A szelvényen nyomon követhető a kutatási területre jellemző összes határfelület. A felső miocén szarmata összlet a szelvény 70<sup>00</sup> karójától jelölhető, határozottan süllyed D-i irányban, és kb 700 m vastagságot ér el. Ahol a felső miocén összlet vastagsága meghaladja a 400 m-t, ott — figyelembe véve a 300—500 m vastag középső miocént — nem célszerű a fúrásos szénkutatás.

A középső miocén kárpáti slir és homokos összlet alatt helyezkedik el a szintén középső miocén ottngai barnakőszéntelepes összlet és az ún. alsó riolit tufa. A feketével jelölt szint a széntelepes csoporttal kapcsolatos, míg a vékony vonallal jelölt szint a szenes összlet mélyfeküjét jelentő miocén—oligocén határhoz vagy annak közeléhez kapcsolódhat. Ezen szint meghatározása fontos támpont a fúrásos előkutatás tervezéséhez. A szelvényen a miocén—oligocén határ mintegy 1200 m-ig (900 ms) követhető.

A szelvény D-i részén, a felső miocén összlet alatt középső miocén vulkanitokat valószínűsítünk. A feltételezett mezozoos—paleozoos aljzathoz kapcsolódó mély szintet jelöltünk 1500—1700 ms között, kb 2500 m mélységben.

Az 1981-ben és 1982-ben végzett szeizmikus kutatás eredményei alapján kijelölhető egy zóna, ahol nem célszerű a fúrásos kutatás, a barnakőszéntelepes összlet 800 m-t meghaladó mélysége miatt (Tar—Hasznos—Mátraszőlős térségében).

A széntelepes rétegsor a fúrások környezetében 400—1600 m-re követhető. A nyomon követést megnehezíti, hogy a szenes összletet nagy mélységben (500—800 m) és kis vastagságban (0,3—1,3 m) tárták fel a fúrások. Jelentős eredmény, hogy a kutatott terület nagy részén kimutatható a miocén—oligocén határfelület, illetve egy annak a közelében elhelyezkedő szint, ami a széntelepes összlet mélyfeküjével hozható kapcsolatba.

A szeizmikus szelvényhálót az elkövetkező két évben Ny felé bővítjük, elsősorban a Garáb—3 fúrásban feltárt szenes összlet nyomon követését tartjuk fontosnak.

61. ábra. NSz—4/82 szeizmikus időszelvény (szűrés: 40—100 Hz)

1 — széntelepes összlet; 2 — miocén—oligocén határfelület, illetve annak közelében elhelyezkedő szint; 3 — földtanilag nem azonosított reflektáló felület; 4 — vető

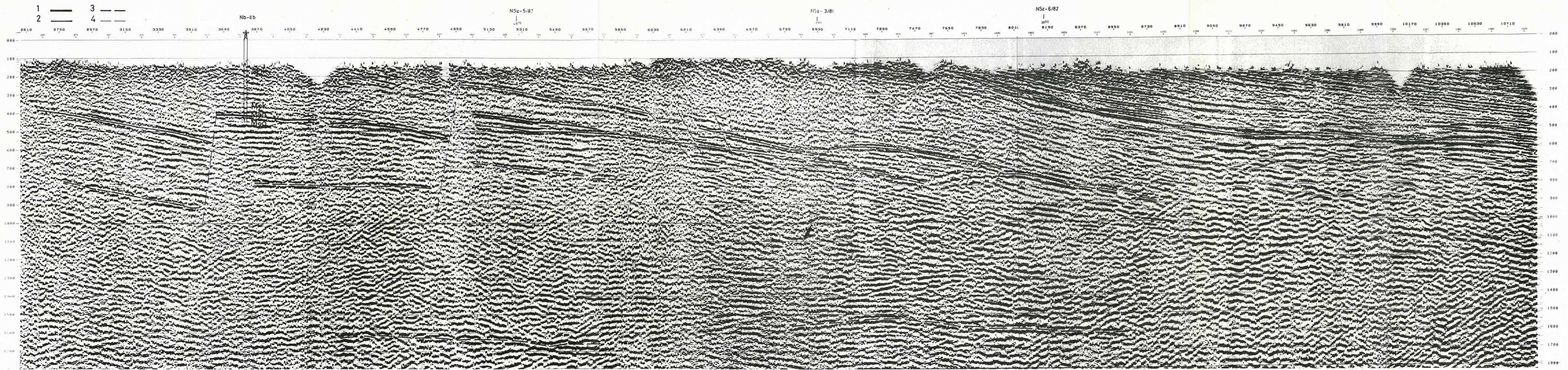
Fig. 61. NSz—4/82 seismic time section (filter: 40–100 Hz)

1 — coal-bearing formation; 2 — Miocene-Oligocene contact; 3 — non identified reflecting horizon; 4 — fault

Рис. 61. Сейсмический временной разрез NSz—4/82 (фильтр: 40—100 Гц)

1 — угленосная толща; 2 — раздел миоцен/олигоцен, или горизонт вблизи его; 3 — отражающая поверхность, геологически неотожествленная; 4 — сброс







## 2 MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS





## 2.1.1 Háromdimenziós szeizmikus mérések programrendszerének fejlesztése\*

Az ELGI 1981. Évi Jelentésében már bemutattuk a térbeli mérések feldolgozására szolgáló alapprogramokat és a zsámbéki területi mérési anyag feldolgozását.

1982-ben a feldolgozó programrendszert bővítettük a 3D migráció és a vízszintes időmetszet-készítés programjával. Mindkét program az SzCSz—3 szovjet feldolgozó programrendszerhez kapcsolódik.

A migrációs program a kétlépéses hullámegyenlet migráció megvalósítása (Prakla—Seismos Information No. 31, 1981). A megoldáshoz az alapötletet a differenciál-egyenletek elméletéből ismert szétválasztás módszere adta (CLAERBOUT: Fundamentals of Geophysical Data Processing, 1976). Ennek lényegét foglaljuk össze a következőkben.

A 3D hullámegyenlet:

$$U_{xx} + U_{yy} = \frac{4}{c^2} U_{tt},$$

ahol:  $U(x, y, z, t)$  a hullámteret leíró függvény

$c(x, y, z)$  a sebességfüggvény

$x, y$  a felszíni koordináták

$z$  a mélység

$t$  az idő változó

Az egyenletet szétválaszthatjuk a két felszíni koordináta szerint két egyenletre:

$$U_{xx} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz},$$

$$U_{yy} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz}.$$

A teljes megoldást a két egyenlet megoldásának összege adja. Ebből az elvből kiindulva adódik a kétlépéses módszer alapötlete: első lépésben bemenő ada-

\* Drahos D.-né, Kilényi É., Kovács E.-né, Märle R., Sipos J.

toknak tekintjük a térbeli mérési hálózat  $x$  irányú összeg-szelvényeit és ezeket külön-külön az  $x$  koordináta szerint, mint 2D szelvényeket migráljuk. A második lépésben a bemenő adatok az első lépés eredmény-szelvényei (az  $x$  szerint migrált adatrendszer) és az  $y$  koordináta szerint hajtjuk végre a 2D migrációt, így megkapva a 3D migráció eredményét.

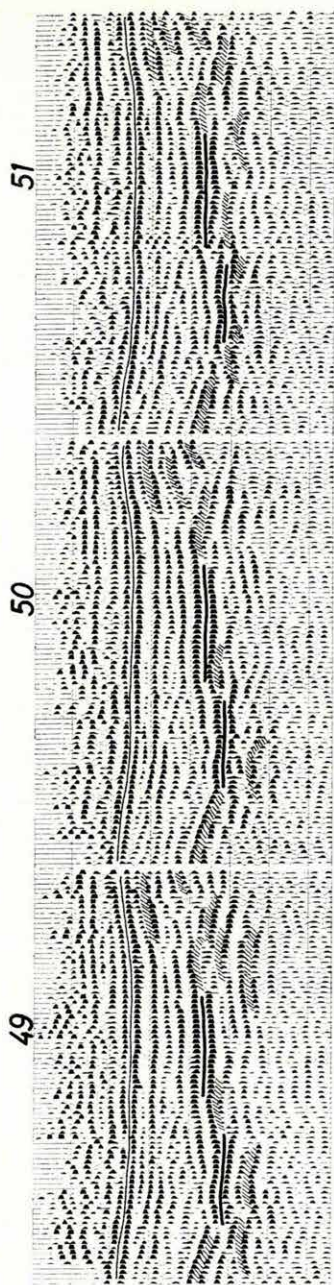
Az egzakt szélválasztásos módszer algoritmus a közelítő két lépéses módszer algoritmus között a különbség a következő: a szétválasztásos módszerrel minden lefelé folytatási lépésben végre kell hajtani egy  $x \leftrightarrow y$  koordináták szerinti adatátrendezést, míg a kétlépéses módszerrel ezt az átrendezést csak egyszer kell elvégezni, lényeges számítógép időt takarítva meg. Az irodalomban közzétett adatok szerint [GIBSON—LARNER—LEVIN 1982: Efficient 3D migration in two steps Geoph. Prosp. 31. 1] a módszer a legnagyobb hibát akkor adja, ha az  $x$  vagy az  $y$  tengely a dőlésiránnyal  $45^\circ$ -os szöget zár be. Ha ez a szög  $0^\circ$ -os, vagy  $90^\circ$ -os, a hiba — ha a migrációnál alkalmazott sebesség hibájaként fejezzük ki — nem nagyobb, mint  $5\%$ .

Megírtuk a vízszintes időmetszeteket készítő programot, mely lehetővé teszi tetszőleges időpontokhoz tartozó metszetek kiválogatását (GSI 3D Technology, 1980). Ezek a megfelelő időpontokhoz tartozó amplitúdó értékeket tartalmazák. A metszeteket szeizmikus csatornákként visszük fel mágnesszalagra: az  $y$  koordinátát megfeleltetjük a  $t$  időváltozónak. Így az SzCSz—3 programrendszer eljárásait alkalmazhatjuk az eredmény megjelenítésére, vagy további átalakítására.

Példáinkat a zsámbéki területi mérések eredményei közül választottuk ki. Három párhuzamos É—D irányú időszelvényt mutatunk be a 62. ábrán (E—49, 50, 51). A 0,2 és 0,3 s közötti időtartományban bejelölt határfelület a miocén tufa szint, vagy annak közvetlen közelében fekvő reflektáló réteghatár (vékony vonal). A 0,4—0,5 s időtartományban bejelölt töredezett határfelület a triász időszaki aljzattal azonosítható (vastag vonal). Az időszelvényeken igen sok diffraktált beérkezés jelölhető ki (sraffozással jelölve), amelyek felhívják a figyelmet az aljzat töredezett voltára, de a vetők pontos helye, elvetési magasságuk az időszelvényekből nem határozható meg. Még a szelvények közepe táján (kérdőjelesen) jelölt vető is inkább csak a felső, megszakadás nélkül tovább korrelálható reflexió energiájának fokozatos elhalásából következik. Ugyanezen három szelvény 3D migrált változatát a 63. ábrán mutatjuk be. A szelvények jobb oldalán a kusza diffrakciós képből kibontakozott egy nagy elvetési magasságú vető, majd előterében kisebb árok. Sőt a migrált szelvényekből nyilvánvalóvá válik, hogy kis mértékben a miocén tufa szintet is érinti a vető. A vető elvetési magasságát ugyancsak meghatározhatjuk a 3D migráció eredményeképpen.

Az időmetszetek a reflexiós határfelületek térképszerű megjelenítését teszik lehetővé (64. ábra). A 20 ms-onként készített É-i tájolású időmetszeteken bejelöltük a szelvényeken követett miocén tufa szintet (vastagabb vonal) és az

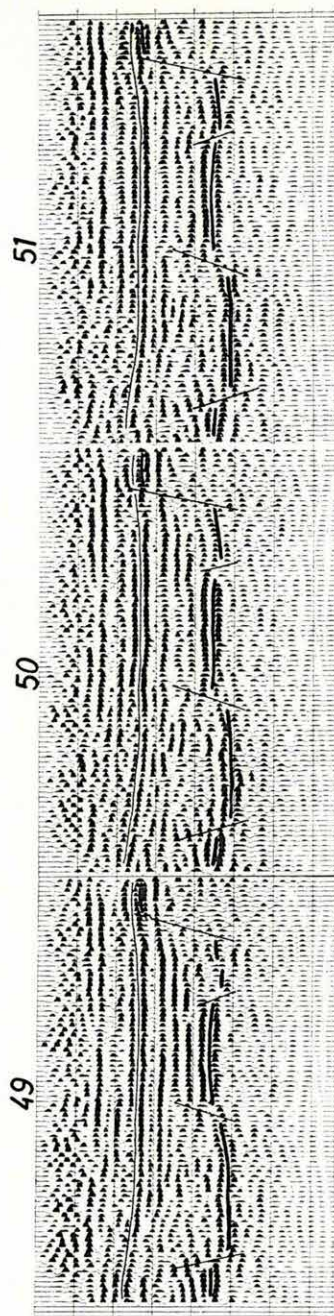




62. ábra. A területi szeizmikus mérés három É-D irányú időszelvénye (E—49, 50, 51)

Fig. 62. Three N-S oriented time section (E—49, 50, 51) of the 3D seismic survey

Рис. 62. Три меридиональных временных разреза площадной сейсмической съемки (E—49, 50, 51)

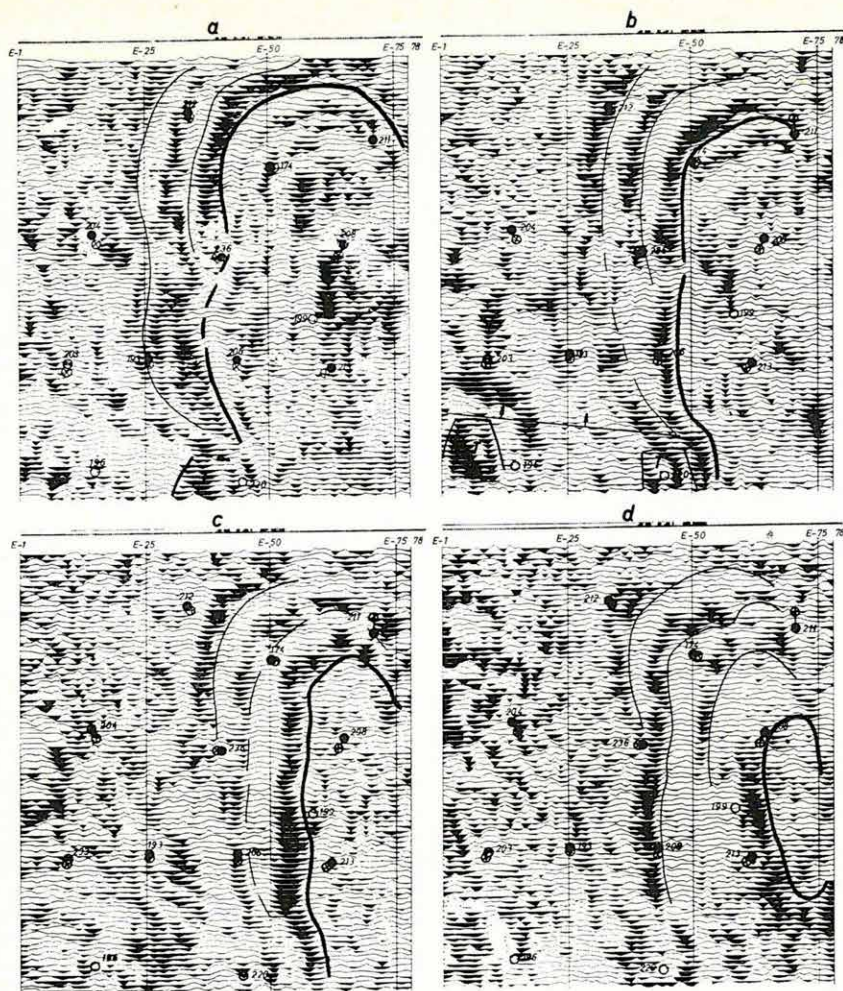


63. ábra. A 62. ábra három időszelvénye 3D migráció után

Fig. 63. Time sections of Fig. 62, after 3D migration

Рис. 63. Три временных разреза, приведенных на рис. 62, после трехмерной миграции





64. ábra. É-i tájolású vízszintes időmetszetek

a)  $t = 240$  ms, b)  $t = 260$  ms, c)  $t = 280$  ms, d)  $t = 300$  ms

T — triász időszaki aljzat-blokk. A fúrások ferdesége felszíni- és talphelyzetükkel van ábrázolva; a körök teljes ill. részleges betöltése az ipari- ill. nem ipari értékű kőszénharántolást jelöli

Fig. 64. N-S oriented horizontal time slices

a)  $t = 240$  ms, b)  $t = 260$  ms, c)  $t = 280$  ms, d)  $t = 300$  ms

T — Triassic basement block. Deviation of the holes are marked by the positions of their top and bottom, respectively; filling of circles is proportional with coal occurrences (industrial or non-industrial)

Рис. 64. Горизонтальные временные сечения с ориентацией к С

a)  $t = 240$  мс, b)  $t = 260$  мс, c)  $t = 280$  мс, d)  $t = 300$  мс

T — блок основания триасового возраста. Наклонность скважин изображена при помощи положения устья и забоя; полное или частичное заполнение кружок означает пересечение промышленных запасов угля или залежей, не имеющих промышленного значения, соответственно

ennek közelében jelentkező reflexiók „szintvonalait” (vékonyabb vonal). Ahol a korreláció bizonytalan, szaggatott vonalat használtunk. Az időmet-szet-sorozatból kitűnik a miocén tufa szint KDK irányú dőlése (amit a fúrási adatok is alátámasztanak) és az a jelenség, hogy a szintvonalak nem követik konformisan egymást. Ebből az egymás alatt települő üledékes rétegek kissé eltérő dőlésére következtethetünk. A miocén tufa szint közelében levő jó reflexiók alatt nem látható az egész területen követhető reflexiók határfelület, csak itt-ott jelenik meg kisebb területre kiterjedő energia-koncentráció. A 240 ms-os időmetszeten — a terület D-i részének közepén — megjelenő „energia blokk” a szelvények D-i végén megjelenő triász dolomit sasbérccel, a 260 ms-os idő-metszet DNY-i sarkában kierősödő energia egy másik dolomit sasbérccel kapcsolatos. Az ezeket határoló vető folytatásában élesen irányt változtat a miocén tufa szint szintvonala, jelezvén, hogy a vető azt is érintette.

### 2.1.2 R—10 számítógépre alapozott expedíciós szeizmikus feldolgozó rendszer\*

1982-ben befejeztük az R—10-re alapozott expedíciós rendszer szeizmikus programcsomagjának mintegy 5 évig tartó fejlesztését. Bár a fejlesztés egyes lépéseit 1978 óta rendszeresen közöltük az Évi Jelentésekben, indokoltnak tartjuk a jelenlegi konfiguráció és programrendszer áttekintését, annál is inkább, mert rendszerünk a DEP Görög Nemzeti Olajvállalattal kötött szerződés keretében immár több mint 2 éve folyamatosan üzemel Görögországban és jelentősen megkönnyíti a terepen dolgozó szakemberek munkáját.

A hardware konfigurációt a terepi felhasználhatóság (gépkocsiba szerelhetőség, minimális áramfogyasztás stb.) szabta meg, ennek megfelelően a jelenlegi felépítettség a következő:

- R—10 központi egység 64 Kbyte memóriával,
- konsol display,
- 800 Kbyte-os fixfejes rendszerdisk,
- sornyomtató,
- lyukszalagos bemenet/kimenet,
- terminál display,
- 2 db 800 Kbyte-os fixfejes disk demultiplexáló, multiplexáló fokozattal bővítve,
- 2 db 800 bpi, 9 sávós mágnesszalagos egység,
- 1 db 1600 bpi, 9 sávós mágnesszalagos egység,
- 21 sávós beadóegység,
- speciális processzor (tömbáthelyezés, skálázás, normálkorrekció, konvolúció műveletekkel),
- COROLLPRESS off-line színes plotter.

\* Korvin G., Molnár I., Petrovics I., Rácz I.



A software-rel kapcsolatos elvárások a fejlesztés során jelentősen megnőttek. Első terveinkben a terepi anyagok demultiplexálását, minőségellenőrzését, egy egyszerű összeg szelvény elkészítését tűztük ki célul és a következő programrendszert alakítottuk ki:

### *Beadó programok*

21 vagy 9 sávós (1600 bpi vagy 800 bpi jelerőszítésű) terepi felvétel anyagának demultiplexálása, a kívánt feldolgozási (számítógépes) formátum kialakítása.

### *Terepi előfeldolgozás programrendszere*

- a felvételi adatokat rögzítő és a feldolgozáshoz szükséges paraméterek előkészítése, ellenőrzése, felírása diszkre;
- mágnesszalagos bemeneti/kimeneti rutinok;
- szeizmogram szerkesztő eljárások (mute, kill stb.);
- statikus korrekció;
- dinamikus korrekció;
- dekonvolúció;
- sávszűrés;
- összegzés;
- megjelenítő programok (COROLLPRESS)

A terepi anyagok minősítésénél, a vibrojel és egyéb terepi paraméterek megválasztásánál jelentősen kihasználtuk a COROLLPRESS lehetőségeit (l. 1981. évkönyv 70. ábra).

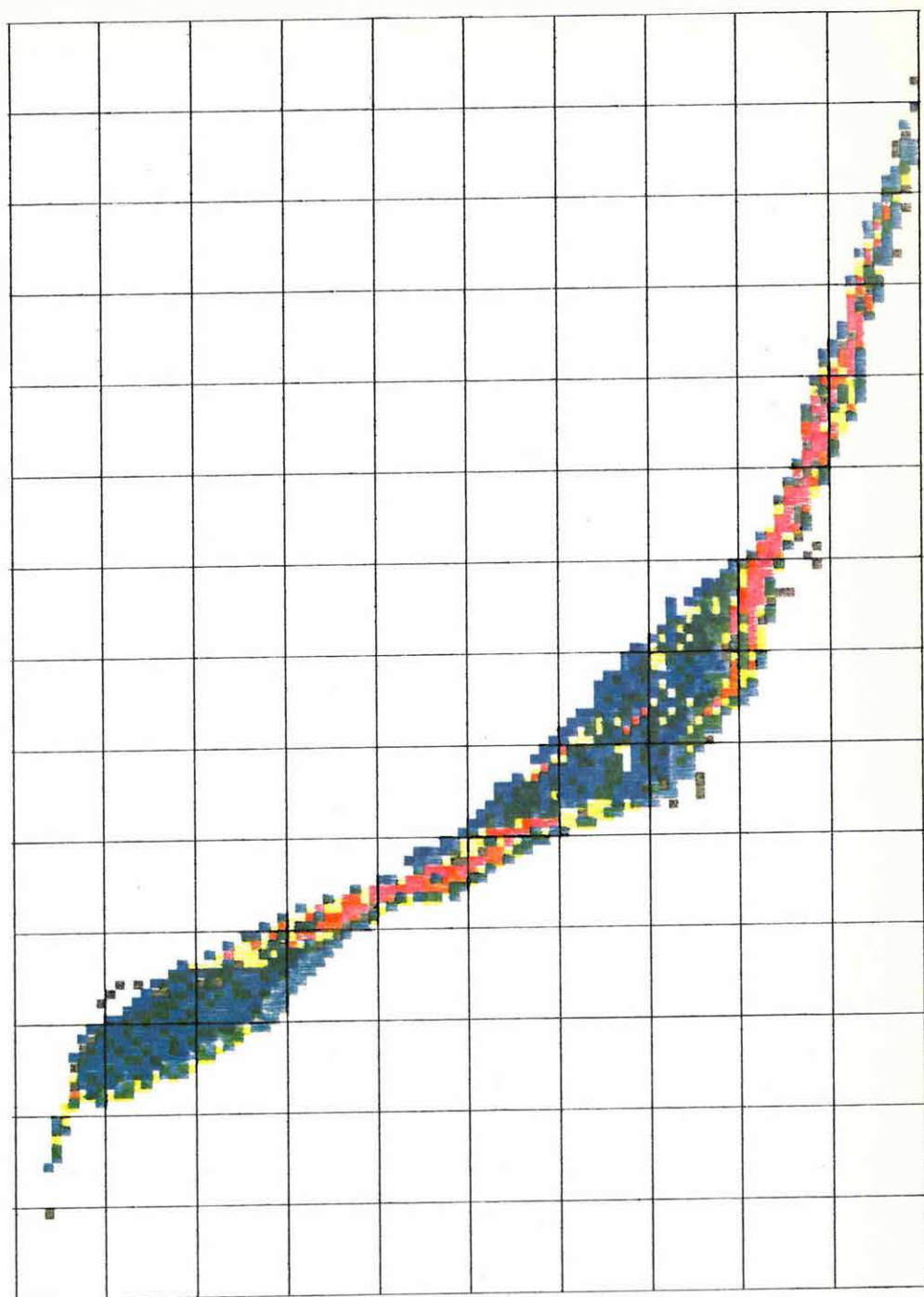
Az első expedíciós évek tapasztalatai alapján 1982-ben a következő programfejlesztést valósítottuk meg:

- egyszerűsítettük a geofizikus-kiértékelő és a gép közötti dialógust;
- lényegesen meggyorsítottuk a feldolgozást a multiprogramozás bevezetésével: jelenleg 2 szelvény egyidejű feldolgozása mellett egy további szelvény paramétereinek előkészítése és ellenőrzése is elvégezhető;
- az előfeldolgozó programrendszert olyan eljárásokkal bővítettük, amelyek általában csak nagy centrumok programcsomagjaiban találhatók (automatikus statikus korrekció javítása\* 45°-os dölésekig alkalmas hullámegyenlet migráció\*; görbevonaltú mérés feldolgozásának programjai) és így az anyag teljes feldolgozása terepen elvégezhető.

---

\* A fenti programok az OKGT GKV fejlesztési eredményei. Az automatikus statikus korrekció programját Sággy Gy., Szilágyi Lné, Zelei A. és Zsellér P., a GKV munkatársai; a hullámegyenlet migráció programját pedig Göncz G., Késmárki I., Szulyovszky I. és Vermes M., a GKV GEOSOFTWARE Vállalati Gazdasági Munkaközösségének tagjai adaptálták az ELGI R—10 számítógépére.





65. ábra. Görbevonaltú szeizmikus mérés mélységpontjainak helyzete a fedésszámnak megfelelő színezéssel (legnagyobb fedésszám: piros, legkisebb: szürke)

Fig. 65. Depth-point scatterogram for a crooked line seismic survey. Colours denote fold number: maximum — red, minimum — gray

Рис. 65. Положение глубинных точек криволинейной сейсморазведки с раскраской по кратности перекрытий (максимальная кратность: красный, минимальная: серый)

Példaképpen a 65. ábra egy görbevonalú mérés esetére számított scatterogramot közöl. A léptékhelyes ábrán (amely pauszra készítve térképre helyezhető) a kis négyzetek a mérés geometriai elrendezéséből adódó közös mélységpontokat jelölik, a négyzetek színe a mélységpontok fedésszámára utal. A scatterogramot a geofizikus célszerűen már a mérés előtt elkészítheti, vagy a feldolgozás első lépéseként használhatja fel a (tetszőleges törtvonallal leírható) kiértékelési vonal meghatározására.

Az expedíciós központtal a terepen nyert anyagok beadása és minőségellenőrzése naprakészen végezhető, az anyagok expressz feldolgozása 2–3 nap alatt elkészül.

1976-ban a „Time Break” lap riportere körkérdezt intézett az amerikai geofizika vezető egyéniségeihez a geofizika aktuális és perspektivikus lehetőségeiről. Legellentmondóbb válaszok a „mi a jövője a terepi számítógépnek?” kérdésre érkeztek be. [Time Break, Spring 1974 pp. 6–19.] Az ELGI hosszú évek óta bízik a terepi számítógépek jövőjében. Az R—10 expedíciós eredményei igazolják ezen elképzeléseket. Reméljük, hogy néhány év múlva hasonló sikerekről írhatunk — már az R—11 számítógépre alapozott rendszer alkalmazásáról.

### 2.1.3 Lebegőpontos geofizikai speciális processzor\*

Az R—10 kisszámítógépre alapított real-time feldolgozó rendszerhez tervezett speciális processzort (SP) az igényeknek és tapasztalatoknak megfelelően továbbfejlesztettük. Lebegőpontos szorzó és összegző aritmetikával láttuk el, belső operatív memóriáját bővítettük. Az új típusú berendezésben a műveletek végrehajtása mikroprogramozott. Opcióként a speciális processzorhoz lebegőpontos osztó és gyökvonó aritmetika, valamint diszk háttértároló is rendelhető.

A lebegőpontos speciális processzor belső tárolója alapkiépítésében  $8K \times 40$  bit. Ciklusideje kb. 70 ns. A mikroprogramtár  $1K \times 32$  bit PROM. A műveletek mikroprogramozott vezérlése lehetővé teszi, hogy a speciális processzor által végezhető műveletek körét könnyen és gyorsan tudjuk bővíteni. A speciális processzort eddig az R—11 és az R—35 számítógéphez illesztettük és az SD—20 terepi felvevőrendszerünkhöz is illesztjük.

A lebegőpontos speciális processzor illesztése az R—11-es számítógéphez egy-utasításos (monocommand) jellegű és lehetővé teszi, hogy az SP parancsokat önállóan vagy egymás után, azaz parancsláncolást hajtson végre.

A speciális processzor indítása egy normál utasítással történik. Az utasítás vétele után az SP a parancs második és harmadik szavában megadott címtől kezdődően 9 szóból álló listablokkot olvas ki az R—11 számítógép memóriá-

\* Komjáthy J., Páhi L., Rajnai R., Méry T., Lazarovits Gy., Rác I., Molnár I.



jából. Ez a blokk tartalmazza a processzor számára, hogy milyen művelet végrehajtása következik; mekkora adattömbön kell ezt a műveletet elvégezni; hol található ez az adattömb az R—11 számítógép memóriájában és hová kell elhelyezni az eredménytömböt.

A 9 szó kiolvasása után az SP végrehajtja a kijelölt műveletet, majd megszakítást (IT) generál a központi egység felé. Abban az esetben, ha parancsláncolás van előírva, IT generálása helyett újabb 9 szóból álló listablokkot olvas ki a processzor, és az ebben megadott utasítást is végrehajtja. Így tetszőleges számú parancsláncolás válik lehetővé. IT generálása csak a művelet sor végén, vagy valamilyen hiba esetén következik be. A 9 szavas listablokkoknak parancsláncolás esetén folyamatosan egymás után kell a memóriában elhelyezkedniük.

Az R—35 számítógéphez való illesztést a későbbiekben részletesen ismertetjük.

A speciális processzor (SP) műveletei:

## MOV

A MOV utasítás duplaszavas lebegőpontos adattömbök áthelyezésére szolgál. Az utasítás végrehajtása során az adattömb a számítógép memóriájából az SP belső memóriájába, majd onnan a számítógép megadott memória-területére kerül. Az egy utasítással megadható maximális szószám 8K dupla szó.

## STACK

A STACK utasítás két lebegőpontos adattömb összegzésére alkalmas. Az egyik tömböt MOV utasítással kell az SP belső tárolójába juttatni, a másik tömböt STACK utasítással kell az SP ugyanazon memóriaterületére küldeni. Az utasítás hatására az SP bemeneti címére a két tömb összege kerül.

## AVE

Az AVE utasítás dupla szavas adattömbök 32 dupla szavanként vett átlagabszolútértékének számítására alkalmas. A kimeneti tömb szószáma a bemeneti tömb szószámának harmincketted része.

$$A_m = \frac{\sum_{n=32}^{32m+31} |A_n|}{32},$$

$$m = \frac{n}{32},$$

$A_n$  = a bemeneti tömb  $n$ -edik eleme  
 $A_m$  = a kimeneti tömb  $m$ -edik eleme

$m$  = kimeneti tömb szószáma  
 $n$  = bemeneti tömb szószáma

## FLL

Az FLL utasítás paraméterek betöltésére alkalmas az SP belső tárába. Az

utasítás hatására a paraméterek darabszáma a paraméterszám számlálóba, a kezdő címe pedig a paraméter címszámlálóba kerül.

## SCL

Az SCL (skálázás) művelet szeizmikus csatorna-adatok programszabályozására alkalmas. A 32 mintánként megadott skála függvényt az FLL művelettel előzőleg az SP belső memóriájába kell tölteni. Az SCL művelet ezt a függvényt a végrehajtás során lineárisan interpolálja, és a megfelelő interpolált értékekkel szorozza meg a bemeneti tömb megfelelő elemét.

$$K_m = K_i - \frac{K_i \cdot l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad \begin{array}{l} l=0 \dots 32 \\ i=0 \dots I \\ m=0 \dots M \end{array}$$

$$Y_m = X_m \cdot K_m$$

ahol:

$X_m$  = a bemeneti tömb  $m$ -edik eleme     $K_i$  = a 32 mintánként megadott skálafüggvény  $i$ -edik eleme  
 $Y_m$  = a kimeneti tömb  $m$ -edik eleme     $K_m$  = az  $m$ -edik interpolált érték

## NMO

A művelet szeizmikus csatornák normálkorrekciójának végrehajtására szolgál. A művelet minden kimenő értékhez lineáris interpolációval határozza meg a korrekció diszkrét értékét, amelyet a 32 mintánként megadott korrekciós függvényből számít ki. A korrekciós függvényt az NMO műveletet megelőzően egy FLL utasítással kell az SP belső tárolójába juttatni. A korrekciós függvény adatformátuma:

|   |    |   |
|---|----|---|
| + | 64 | M |
|---|----|---|

A mantissza első 10 bit-je a  $C_m$  címkorrekciós tag, a következő 5 bit az  $F_m$  szorzófüggvény. Az  $m$ -edik kimeneti elemhez tartozó korrekció értékét jelöljük  $K_m$ -mel.

$$K_m = \frac{K_i(32-l) + K_{i+1} \cdot l}{32} = K_i - \frac{K_i \cdot l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad l=0,1 \dots 31$$

Az interpoláció alatt az összegző aritmetika a végeredményt nem normalizálja. Interpoláció után a  $K_m$  korrekciós érték adatformátuma:

|   |    |        |       |        |    |
|---|----|--------|-------|--------|----|
|   |    | 8      | 17    | 18     | 27 |
| + | 64 | $C_m$  | $F_m$ |        |    |
|   |    | 10 bit |       | 10 bit |    |

A kimeneti tömb  $m$ -edik elemének értéke:

$$D_m = A_n \cdot (1 - F_n) + A_{n+1} \cdot F_m = A_n - A_n F_m + A_{n+1} \cdot F_m,$$

ahol:  $n = m + C_m$ ,  $A_n$  = a bemeneti tömb  $n$ -edik eleme

A végeredmény normalizált lebegőpontos szám.

## REK

A művelet szeizmikus csatornák rekurziós szűrésére alkalmas. A szűrőfüggvény értékeit FLL utasítással kell a belső táriba tölteni. Jelöljük  $Y_k$ -val ( $k=0, 1, \dots$ ) a kimenő adatokat,  $x_k$ -val a bemenő adatokat,  $C_i$ -vel a szűrő értékeit ( $i=1, 2, \dots I$ ). A megvalósított függvénykapcsolat:

$$Y_k = X_k + \sum_{i=1}^{I-1} Y_{k-i} \cdot C_i.$$

## CNV

A művelet szeizmikus csatornák konvolúciós szűrésének elvégzésére szolgál. A konvolúciós függvény diszkrét értékeit FLL utasítással kell betölteni a belső táriba.

Jelöljük  $Y_k$ -val ( $k=0, 1, \dots$ ) a kimenő adatokat,  $X_k$ -val a bemenő adatokat,  $C_i$ -vel a szűrő értékeit ( $i=0, 1 \dots I$ ).

A megvalósított függvénykapcsolat:

$$Y_k = \sum_{i=0}^{I-1} X_{k-i} \cdot C_i.$$

Ez a művelet használható korreláció számítására is.

## OTT

A művelet az SP belső memóriájának törlésére szolgál. A törlést megadott címtől végzi el megadott memóriaterületen.

## ORE

Az utasítás megfelel egy OTT és egy REK utasításnak.

## OCN

Az utasítás megfelel egy OTT és egy CNV utasításnak.



A gyors Fourier-transzformációs művelet az adatokat időtartományból komplex frekvenciatartományba alakítja át az alábbi formula alapján:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n)W_N^{2nk} + \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n+1)W_N^{(2n+1)k},$$

$$W_N^2 = [e^{-j(2\pi/N)}]^2,$$

ahol:

$X(k)$  = komplex frekvencia adatsor

$x(n)$  = adat sorozat az  $n$  időközökben

$n$  =  $0, \dots, N/2$

$N$  = adat szószáma

Opcionálisan a lebegőpontos speciális processzorhoz rendelhető egy diszk csatoló, amely a (rázásálló) 2,5 Mbyte-os diszket a belső buszra illeszti. Így a 2,5 Mbyte-os diszket a speciális processzor háttértárolóként kezeli. Nagy adattömbök feldolgozása során a részeredményeket tárolhatjuk a diszken, így az R—11 számítógép monobuszát és operatív memóriáját nem terheli adatátvitel. Ha a speciális processzor a részeredményt diszkre írja, vagy onnan kéri be az adattömböt, akkor ezt indításkor a parancsblokkban közöljük.

Diszk művelet esetén a speciális processzor foglalt és mindaddig foglalt marad, míg a diszk be nem fejezi az adatátvitelt. A diszken tárolt adatok formátuma duplaszavas lebegőpontos 2's komplementű szám.

#### 2.1.4 A speciális processzor illesztése R—35 számítógéphez\*

R—35 bázisú földtani—geofizikai számítóközpontunkhoz 1982-ben illesztettük saját fejlesztésű, lebegőpontos speciális processzorunkat.

A geofizikai adatfeldolgozás egyes szakaszaiban különösen nagy adattömegben kell korrelációs analízis jellegű feladatokat végrehajtani. Közismert, hogy — azonos integráltsági fokú elemeket feltételezve — az ilyen műveletek elvégzése tisztán hardware úton kb 20—100-szor gyorsabb, mint a programozott számítás.

Ezért az ismétlődő feladatokat cél-hardware-rel (mátrix processzor) ésszerű elvégeztetni. Ezért — az eredetileg kis számítógéphez kifejlesztett — mátrix processzor jellegű speciális geofizikai processzorunkat (SP) illesztettük az R—35 géphez.

\* Kaszás M., Csontos F., Gyurasits T., Zong L.

Egy ilyen jellegű processzor géphez illesztésének 3 fő útja ismert:

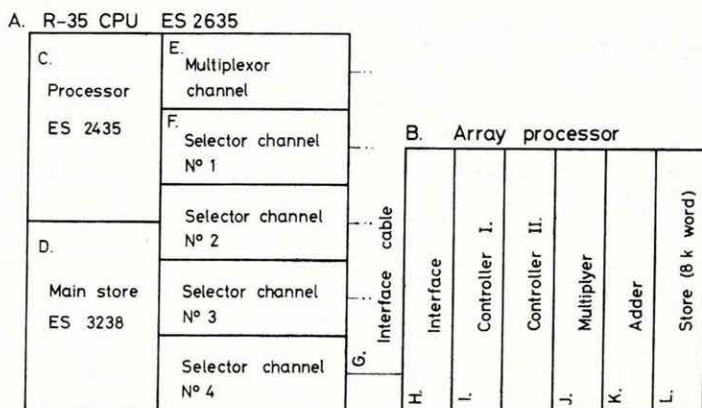
- a gép utasításválasztékának bővítése mátrix-műveletekkel (ilyen pl. az R—55 mátrix modulja). E megoldás előnye, hogy csak a központi processzor utasítás-választékának bővítését igényli, hátránya, hogy a mátrix-műveletek végzése alatt a processzor és az operatív tár foglalt, más műveletek végzésére nem használható;
- saját tárat nem tartalmazó mátrix processzor alkalmazása (ilyen az IBM 2938, az R—35-höz kapcsolható ESz 2335, stb.). E megoldás hátránya, hogy működése idején az operatív tárat lefoglalja, így a központi processzor más munkákra csak kis mértékben alkalmazható. Ezen kívül külön DMA csatorna beépítését igényli;
- saját táras mátrix processzor alkalmazása, amely perifériaként csatlakozik a nagy géphez (ilyen pl. az IBM 3838, de nagy számú hasonló megoldás ismert kis gépekhez csatolva is). Itt a saját tár — ma már nem túl nagy — többlet költségét bőségesen ellensúlyozza, hogy a gép processzora csak a meghívás idejére, az operatív tár csak egyszeri adat ki/bevitel időtartamára foglalt; a teljes gép minden erőforrásával más programok futtatására használható.

Az ELGI-ben kifejlesztett speciális processzor R—35-höz való illesztésénél mi az utolsó változatot választottuk. A megoldás univerzális: az illesztés az ESzR I. és II. sorozat, az IBM 360 és 370 rendszereinek bármely szelektor csatornájára csatlakoztatható. Mi a saját R—35 gépünknel annak 4. szelektor csatornájához csatlakoztattuk a 66. ábra blokkdiagramja szerint. Megoldásunk olyan, hogy az adatsere több, mint 1 Megabyte/s sebességgel végezhető. Célszerűnek láttuk, hogy ezen a szelektor csatornán más periféria ne legyen.

A speciális processzor aktiválása szabványos IBM perifériameghívási eljárással történik (SIO, TIO, TCH utasításokkal). A meghívás lebonyolítása után a vezérlést a csatorna veszi át; a csatorna-parancsokat a csatorna és az illesztő kártya is értelmezi. Ez azonban még csak az SP mint periféria bemenet/kimenet műveleteit biztosítja. Egyetlen meghívással (EXCP) egyszerre legfeljebb 256 tagú csatorna-parancs láncot (CCW) lehet kiadni, azaz egyetlen meghívással legfeljebb 256 különböző művelet végeztethető el az SP-vel. A csatorna-parancs szavak a bemenet/kimenet műveletek elvégzéséhez szükséges minden információt tartalmaznak: a műveletek típusait, a kiküldendő/behozandó adatok virtuális tárbeli kezdő címeit, blokkhosszukat stb. A ténylegesen végzendő műveletek utasítás-kódját, az SP működtetéséhez szükséges minden információt (az SP leírásánál ismertetett lista-szavakat) a szelektorcsatorna normál írásművelettel küldi ki az SP-hez. Az illesztőegység választja szét a kiküldött információt vezérlő- és adattömbre.

Az adatkiviteli folyamat végét az illesztő jelzi az SP-nek, ami után az SP önállóan végrehajtja a megadott műveleteket a saját tárában levő adatokon.

Ezalatt a processzor és az R—35 minden más erőforrása egyéb munkák végzésére szabadon felhasználható. Amikor az SP a megadott összes műveletet elvégezte, az interface megszakítást kezdeményez a 4. szelektor csatornában és a vezérlés az IBM perifériákkal teljesen megegyező módon kerül vissza a felhasználói programhoz.



66. ábra. A geofizikai speciális processzor csatlakoztatása az R—35 számítógéphez

A — R-35 központi egysége; B — mátrix processzor; C — processzor; D — központi memória; E — multiplexer csatorna; F — szelektor csatorna; G — interface kábel; H — interface; I — vezérlő; J — szorzó; K — összegző; L — 8 Kszó memória

Fig. 66. Interfacing of the geophysical special processor to the R-35 computer

Рис. 66. Подключение геофизического специального процессора к ЭВМ ЕС—1035

A — Центральное устройство ЕС—1035; B — матричный процессор; C — процессор; D — центральная память; E — мультиплексорный канал; F — селекторный канал; G — кабель интерфейса; H — интерфейс; I — устройство управления; J — устройство умножения; K — устройство сложения; L — память 8К слов

#### A speciális processzor illesztésének programtámogatása

A speciális processzor az R—35-ön az alábbi 4 programozási szinten hívható:

- fizikai bemenet/kimenet kezeléssel (nem ajánlott),
- az ELGI-ben készült handler segítségével,
- az ELGI GVPS (Geophysical Vector Processing System) rendszerének alkalmazásával,
- az Internyeftyegez Koordinációs Központ SzCSz—3 programrendszerén keresztül.



- a) Mint minden periféria, a speciális processzor is vezérelhető közvetlen fizikai bemenet/kimenet kezeléssel. Ilyenkor a felhasználó maga gondoskodik a periféria vezérléséhez szükséges összes teendő elvégzéséről, ami szükségtelenül sok programozási munkát igényel, ezért alkalmazását nem ajánljuk.
- b) Az ELGI-ben elkészült handler kapcsolatot biztosít az SP és a felhasználó között, azaz elvégzi mindazon funkciókat, amelyek egy periféria vezérléséhez szükségesek, azaz
- felállítja és aktiválja az operációs rendszer által igényelt vezérlő blokkokat (processzor vezérlő blokk, berendezés vezérlő blokk stb),
  - összeállítja a felhasználó által megadott adatok alapján a csatorna parancs-szó láncot,
  - ellenőrzi, hogy a feldolgozó program nem olyan művelet elvégzését kéri-e, amelyet az SP nem tud végrehajtani (túl nagy blokkokon végzendő művelet, túl- vagy alulcsordulás, nem létező tárcím, nem létező utasításkód stb.),
  - a „művelet vége” helyzetet érzékeli, a vezérlést visszaadja, hibaellenőrzést végez,
  - a handler olyan funkciókat is tartalmaz, melyek a fenti paraméterellenőrzési funkciókhoz segítséget nyújtanak.

A handler működésének logikájáról a következőket kell megjegyezni:

- a handler bázis operációs rendszere OS/VS1,
- a handler változtatás nélkül használható a következő operációs rendszerekben: OS/MFT, OS/MVT, OS/VS2,
- a handler csekély változtatással felhasználható a DOS és a DOS/VS operációs rendszerben is,
- a handler multiprogramozott üzemet valósít meg az SP szempontjából (egyidőben több program is használhatja az SP-t).

Ha a handlert közvetlenül nem kívánja használni a programozó, akkor maga a handler a felhasználó számára „nem látszik”. Az SP minden műveletét rövid lebegőpontos számokkal végzi (szabványos IBM R\*4 formátum). A rendszer számítási rutinjai FORTRAN nyelvűek.

- c) A Geophysical Vector Processing System (GVPS) az ELGI olyan software rendszere, mely magasabb szintű kapcsolatot létesít a felhasználói program és az SP között és így nagyon egyszerűsíti a speciális processzor kifejezetten geofizikai célra történő alkalmazását. A rendszert fokozatosan építjük ki minden olyan geofizikai műveletre, melynél az SP célszerűen felhasználható. 1982. végéig az alábbi funkciók készültek el:

### *Vektor—vektor összeg (ADV VH)*

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök. A tömbök együttes mérete az SP jelenlegi kiépítésében 8K szó. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = X(i) + Y(i) \quad i = 1, 2, 3, \dots n.$$

### *Korrelációs szorzás (COR FH)*

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök. A műveleti tömbök méretét az alábbi képlettel számíthatjuk ki:

$$K = N + M - 1,$$

ahol:

$N$  — a szűrőfüggvény hossza

$M$  — az időfüggvény hossza

$K$  — az eredmény hossza

tárigény =  $K + N + M = 2 \cdot (N + M) - 1$

vagyis  $2 \cdot (N + M) - 1$  legyen kisebb mint 8K.

A megvalósított matematikai művelet:

$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(j) \cdot A(i+j-1) \quad 1 \leq j \leq M.$$

### *Konvolúciós szorzás (CON VH)*

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök.

A művelet tárigénye:

$$2 \cdot (N + M) - 1,$$

ahol:

$N$  — a szűrőfüggvény hossza

$M$  — az időfüggvény hossza

A megvalósított matematikai művelet:

$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(i) \cdot A(i-j+1) \quad 1 \leq j \leq M.$$

### *Vektor-skalár osztás (DV SH)*

A művelet operandusai: egy lebegőpontos normalizált tömb és egy lebegőpontos skalár változó. Az operandus tömb mérete alapkiépítésben 4K szó lehet. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = A(i) : P.$$

### *Vektor-skalár szorzás (MVSH)*

A művelet operandusai: egy lebegőpontos normalizált tömb és egy lebegőpontos skalár változó. Az operandus tömb mérete alapkiépítésben 4K szó lehet. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = A(i) \cdot P.$$

### *Vektor—vektor kivonás (SVVH)*

A művelet operandusai lebegőpontos normalizált tömbök. A tömbök össze-  
mérete alapkiépítésben 4K szó lehet. A megvalósított matematikai művelet:

$$U(i) = A(i) - P(i).$$

Megjegyezzük, hogy az SP működése alatt

- a processzor minden hardware erőforrása szabad más partíciókban végzett munkákhoz,
- a WAIT művelet aszinkron működésű, azaz abban a partícióban is végezhető más (pl. a következő műveletet előkészítő) munka, amely az SP-t használja,
- egyetlen paraméter megváltoztatásával az SP helyett hasonló algoritmust végrehajtó szubrutin kapcsolódik be.

d) A GVPS rutinok paraméterezési módja megegyezik az Internyeftegaz Koordinációs Központ SzCSz—3 szeizmikus feldolgozó programrendszerének paraméterezésével, így a GVPS rutinok SzCSz—3-ban történő felhasználásra közvetlenül alkalmasak. A c) pontban vázoltak szerint tehát a felhasználó egyetlen kártya cseréjével kérheti az SzCSz—3 programrendszertől a GVPS—SP alrendszer automatikus felhasználását.

A feldolgozás hatékonyságának növekedése speciális processzor alkalmazása esetén:

A rendszer működése SP-vel alapvetően különbözik az SP nélküli esettől:

- SP alkalmazása esetén (az SP mint periféria kezelésével kapcsolatos) többlet rendszertevékenység szükséges,
- kismérvű többletidő igényt jelent a bemeneti/kimeneti műveletek elvégzése is,
- az SP tényleges működése során viszont a teljes rendszer — a processzor és az operatív tár is — akár más, akár hasonló geofizikai feldolgozó programok futtatására is szabad. A hatékonyság növekedésére tehát a processzor-idő csökkenés mértéke jellemzőbb, mint a gépben tartózkodás idejének csökkenése.



Az alábbiakban közlünk néhány mért adatot, de ezeket a fentiek figyelembevételével kell értékelni.

A hardware sebességére jellemző, hogy tipikus konvolúciót (103 szűrőpont, csatornánként 2000 adat) az SP kb. 73-szor gyorsabban végez el, mint az R—35 software-je. Megjegyezzük, hogy ez csak a hardware gyorsítást tartalmazza, és nem veszi figyelembe sem a rendszeridő szükségletet, sem azt, hogy az SP alkalmazásakor a teljes rendszer szabad más munkák elvégzésére. Az SzCSz—3 programrendszer FILVTX elnevezésű szűrő programja hasonló adatsorokon az SP alkalmazásával 26-szor kevesebb processzor idő igénybevételével végez el egy szűrést. E szám már figyelembe veszi a szűrés nem SP-vel végzett műveleteit, a többlet rendszertevékenységet, és a bemeneti/kimeneti műveleteket is.

### 2.1.5 Kőzetfeszültség vizsgálatok a Csordakúti alsó telepben\*

Az ún. „eocén szénmedencék” szénvagyónának jelentős része közvetlenül vastagpados édesvízi mészkő alatt helyezkedik el. A tapasztalatok szerint a vastagpados rideg mészkő jelenléte a fedőben nagyon megnöveli a művelés során bekövetkező kőzetrengések valószínűségét. A kőzetrengés-veszély elhárítása a megfelelő biztosításon túl olyan fejtési megoldást követel, amely vagy elkerüli a kőzetfeszültségek veszélyes mértékű felhalmozódását, vagy lehetővé teszi a felhalmozott feszültségek irányított áthelyezését. Mindkét lehetőség a fejtési front tágabb előterében a kőzetfeszültségek alakulásának olyan pontos ismeretét kívánja meg, amelyet a korábban alkalmazott feszültség-vizsgáló eljárásokkal nem lehet elérni.

A probléma megoldását az a felismerés tette lehetővé, hogy a kőzetfeszültségek mértéke és a kőzetekben terjedő szeizmikus hullámok sebessége között szoros összefüggés van. Ismételt szeizmikus sebességmérések segítségével nyomon követhetjük a kőzetek feszültségviszonyaiban bekövetkező változásokat. Ezen az elven a kőzetek feszültségviszonyainak ellenőrzésére az ELGI a Mecseki Szénbányák Kutatási Osztályával közösen kifejlesztette a „szeizmikus átvilágítások” módszerét, mint ahogyan erről már 1980. Évi Jelentésünkben is említést tettünk.

A szeizmikus átvilágítások módszerének lényege, hogy a vizsgálandó terület-részen nagyszámú, egymást keresztező sugárút mentén mérjük a szeizmikus hullámok terjedési idejét. Mind a hullámforrások, mind az észlelési pontok a terület peremén helyezkednek el, így az egyes hullámutak mentén mért terjedési sebességeket úgy kezelhetjük, mint a vizsgálandó terület sebességeloszlásának vetületeit. A vetületekből valamely képrekonstrukciós módszerrel

\* Bodoky T., Dianiska L., Hermann L., Körmendi A.

meghatározható a sebességeloszlás. Megoldásunkban az iteratív ART (Algebraic Reconstruction Technique) eljárást alkalmazzuk azzal a kiegészítéssel, hogy a sugárutak nem tekinthetők egyenesnek, ezért az iterációs eljárás egyes lépéseihez szükséges számított terjedési időket a számított sebességeloszlásoknak megfelelő görbült sugárutak mentén számítjuk.

Az ún. „eocén területeken” kőzetfeszültség megfigyelésre a szeizmikus átvilágítást először a Csordakúti Bányauzemben alkalmaztuk. A mérés alapelve az volt, hogy a frontelőkészítő vágatok kihajtása után, még a termelés indulása előtt, az előkészített fejtési mező sebességeloszlás térképét előkészítettük, majd a front megindulása után rendszeresen, rövid időközönként a front 50 m-es előterében a szállító és légvágat között végzett mérésekből ismételt sebességeloszlás résztérképeket számítottunk. Az ismételt mérések eredményeit összehasonlítva a termelés megindulása előtt mért alapeloszlással, világosan elkülöníthető volt a földtani tényezők és a bányaműveletek hatása.

A mérőrendszer megtervezését és felépítését az ELGI a Tatabányai Szénbányák Bányaföldtani Osztályával és Csordakúti Bányauzemével közösen végezte. A rezgésérzékelők NDK gyártmányú piezo-kristályok, amelyeket beépítettük az előerősítőkkel együtt egy hengeres fémházba. Az érzékelőket a vágat oldalfalán a telep középvonalába fűrt, kb. 0,5 m mély lyukakba telepítettük. Az érzékelők és a gerjesztőpontok horizontális távolsága 4 m volt. A bánya és a felszín közötti jelátvitelre egy 1800 m hosszú, 54 eres, szabványos bányatelefon kábelt használtunk. A regisztrálást a felszínen az ELGI ESS—01—24 típusú mérnökszeizmikus berendezésével végeztük.

A jelgerjesztés a telep közepébe helyezett közethorgonyokra mért kalapácsütésekkel történt, ugyancsak 4 m-es közzel. Egy felvétel általában 16—20 egyedi ütés összegeként állt elő. A mérésekhez a termelést nem kellett leállítani, mert egy 50 m-es szakaszt egy műszakváltás nyugalmi ideje alatt le tudunk mérni.

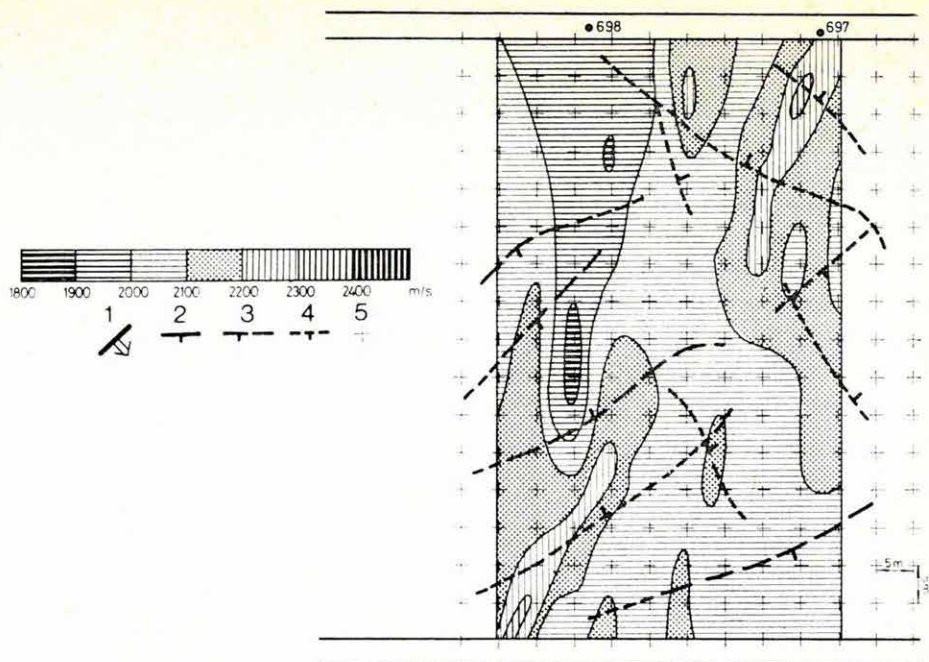
A mérések feldolgozása során a beérkezési idők meghatározása kézi úton történt, minden további műveletet — a térképrajzolást is beleértve — számítógéppel végeztettünk.

A mérések eredményeként nyert sebességeloszlás térképek anomáliáinak földtani és bányaművelési okai vannak. Az eredményeket és értelmezésüket a következőkben néhány jellemző példa segítségével illusztráljuk:

#### a) Sebességanomáliák földtani okok miatt:

A fejtési mező alapsebesség-eloszlási térképének egy szakaszát mutatja be a 67. ábra. A front kb. 50 m-rel a bemutatott szakasz előtt húzódik. A sebességeloszlás és a későbbiekben a fejtés során megállapított mikrotektonika között összefüggés ismerhető fel, pl. a bal alsó sarokban levő sebesség maximum egy kis amplitúdójú sasbérchez, a mező közepe táján levő minimum pedig egy hasonlóan kis árokhoz kapcsolódik.





67. ábra. Alapmérésből (1982. I. 16.) számított sebességeloszlási térkép, a fej-tés során meghatározott mikrotektonikával

1 — front. Vetőmagasság: 2 — >1m, 3 — 0,5—1m, 4 — <0,5m. 5 — a térképszámítás rácshálozata

Fig. 67. Reference velocity field (as of January 16, 1982), showing the micro-tectonics encountered during subsequent winning

1 — coalface. Fault of throw: 2 — >1m, 3 — 0.5—1m, 4 — <0.5m. 5 — grid of mag computation

Рис. 67. Карта распределения скоростей, вычисленная по основному измерению (16. 01. 1982 г.) с микротектоникой, определенной в процессе разработки

1 — передний фронт. Вертикальная амплитуда смещения: 2 — >1м, 3 — 0,5—1м, 4 — <0,5м, 5 — решетка вычисления карт

#### b) Sebességanomáliák fejtési hatásokra:

A 68. és 69. ábra két, az előző alapméréssel azonos helyen végzett ismétlődő mérést mutat. Összehasonlítva a 3 térképet jól látható, hogy a fronthomlok távolabbi előterében a sebességek — azaz a feszültségek — a bányászati tapasztalatokkal jól egyezően megnövekednek, vagyis a front egy növelt feszültségű zónát tol maga előtt, míg a fronthomlok közvetlen előterében a feszültségek gyorsan csökkennek. A 70. ábrán bemutatott mérés sebességeloszlás térképén a fronthomlaktól kb. 17 m-re éles sebesség csúcsot figyelhetünk meg, itt a sebességnövekedés az alapeloszláshoz képest csaknem 30%-os. Ez a sebesség (feszültség) maximum egy kb. 1 m-es vető mellett van, tipikus példája a bányászati szakirodalom által kőzetrendésveszélyes helyek közé sorolt úgynevezett „telep-beccsípődés”-nek. A 71. ábra sebességeloszlás térképe arra mutat

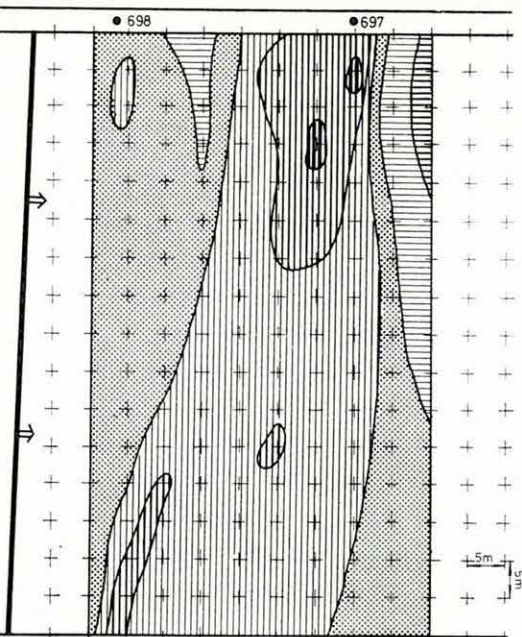


példát, hogy milyen sebesség (feszültség) anomáliák alakulnak ki akkor, amikor a front egy vágathoz közeledik. A fronthomloktól kb. 15 m-re kihajtott kutatóvágat mindkét oldalán egyértelmű sebességnövekedés tapasztalható.

68. ábra. Ismételt mérésből (1982. II. 1.) számított sebességeloszlási térkép

Fig. 68. Velocity distribution computed from a repeated survey (February 1, 1982)

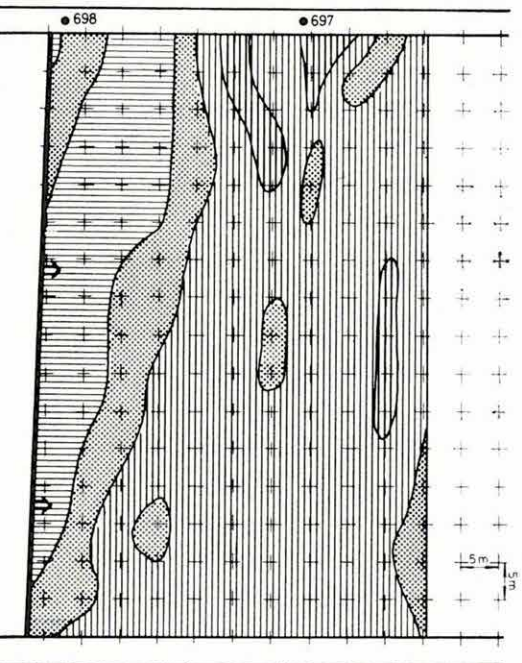
Рис. 68. Карта распределения скоростей, вычисленная по повторному измерению (1. 02. 1982 г.)



69. ábra. Ismételt mérésből (1982. II. 3.) számított sebességeloszlási térkép, a front közeledésével létrejött csökkentet sebességű zónával

Fig. 69. Velocity distribution computed from a repeated survey (February 3, 1982), showing the decreased velocity zone due to the advancing coalface

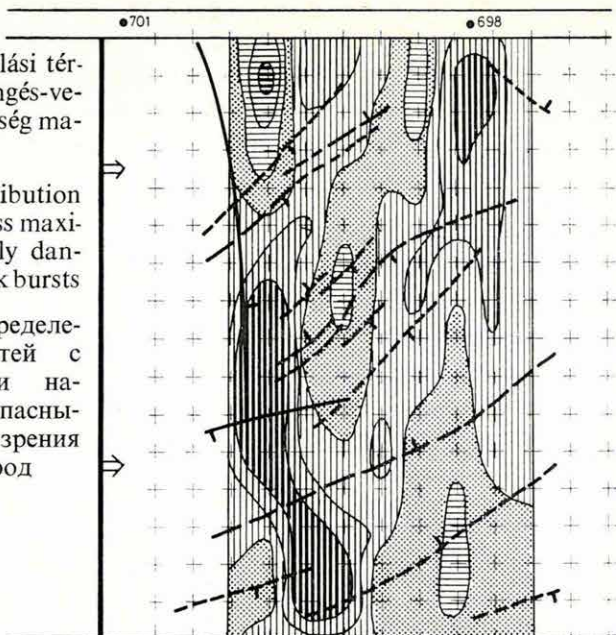
Рис. 69. Карта распределения скоростей, вычисленная по повторному измерению (3. 02. 1982 г.), с зоной пониженной скорости, вызванной приближением фронта



70. ábra. Sebességeloszlási térkép, kőzetrengetés-veszélyes feszültség maximumokkal

Fig. 70. Velocity distribution map with stress maxima, potentially dangerous for rock bursts

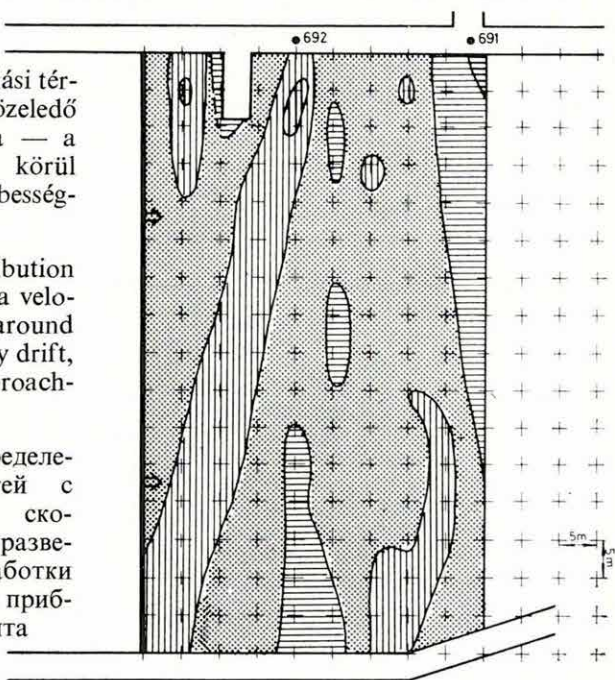
Рис. 70. Карта распределения скоростей с максимумами напряжения, опасными с точки зрения трясения пород



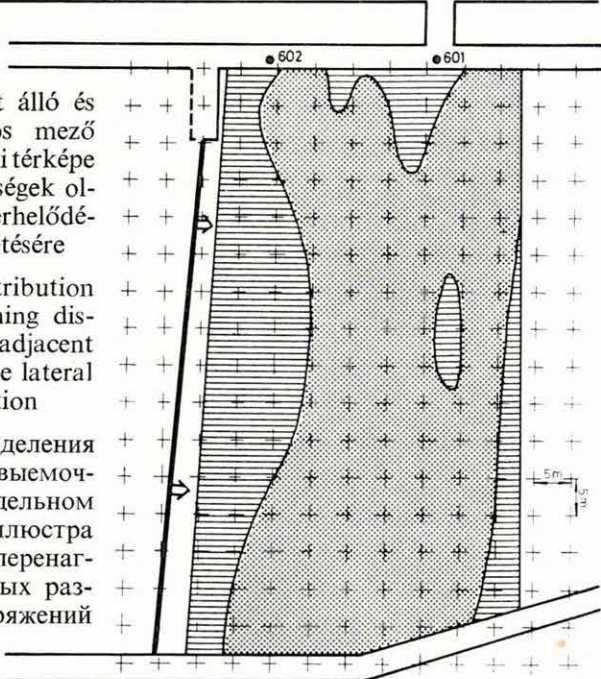
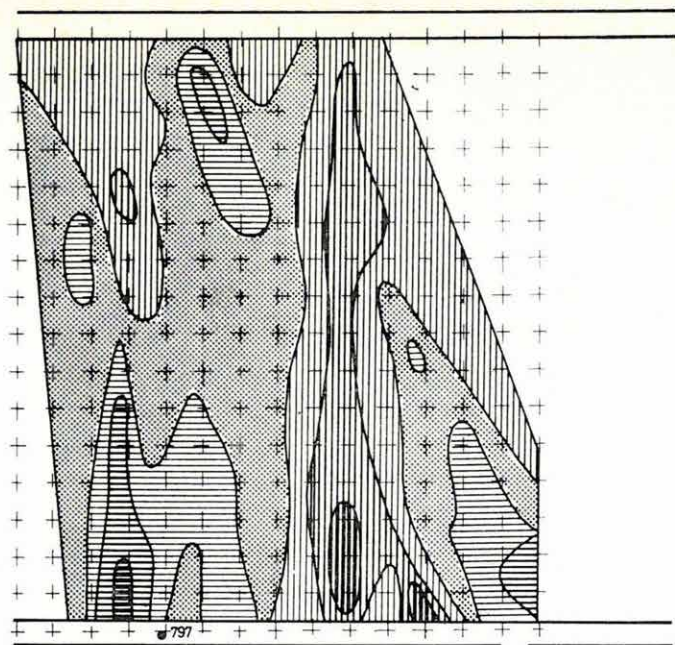
71. ábra. Sebességeloszlási térkép — a közeledő front hatására — a kutató vágat körül kialakult sebességnövekedéssel

Fig. 71. Velocity distribution map showing a velocity increase around the exploratory drift, due to the approaching coalface

Рис. 71. Карта распределения скоростей с повышением скорости около разведочной выработки под влиянием приближения фронта







72. ábra. Egy fejtés alatt álló és egy szomszédos mező sebességeloszlási térképe a fejtési feszültségek oldalirányú áttérhelődésének szemléltetésére

Fig. 72. Velocity distribution maps of a winning district and of an adjacent one, to illustrate lateral stress translocation

Рис. 72. Карта распределения скоростей в выемочном и сопредельном полях для иллюстрации боковой перенатрузки вызванных разработкой напряжений



A 72. ábra egy olyan kettős mérés eredménytérképét mutatja be, amelynél a front előtt végzett méréssel egyidejűleg az előkészítés alatt álló szomszédos fejtési mező területén is mértünk. Bár a bemutatott kettős sebességeloszlás térképén egyéb tényezők — pl. felsőbb szinteken meghagyott pillérek — hatása is tükröződik, mégis felismerhető a fronthomlokkal egy vonalban az áttérhelt feszültségek hatására kialakuló megnövekedett sebességű zóna, amely a mérés utáni napon a vágat erős megrongálódását okozta. Amint ezt példánk is alátámasztja, a szeizmikus átvilágítások módszere a bányabeli feszültségviszonyok alakulásának megismeréséhez jól használható, eredményes eszköz. Az erre kialakított mérőrendszer azonban a bemutatottnál sokkal összetettebben is felhasználható, mert az alapmérések megfelelő mérési technika esetén tektonika-kutató telephullám mérésekként is kiértékelhetők. Az érzékelő rendszer pedig, melynek egyes tagjait csak lassan, a front mozgásának megfelelően telepítjük tovább — megfelelő műszeres háttérrel — a spontán akusztikus emissziók megfigyelésére is alkalmas. Ezzel a kőzetrengés előrejelzése valósítható meg.

### 2.2.1 Mesterséges elektromágneses frekvenciaszondázási görbék számítása\*

Az induktív gerjesztésű multifrekvenciás elektromágneses módszer fejlesztése (lásd ELGI 1980. Évi Jelentése, 73. oldal) matematikai feladataiban alapvetően fontos a vízszintesen rétegzett modell terének számítása. A feladat matematikai megoldása elméleti vonatkozásait 1977—78-ban tisztáztuk a Moszkvai Állami Lomonoszov Egyetemen működő, V. I. Dmitriev vezette csoporttal való együttműködés keretében. A számítási formulákban található, Bessel függvényeket tartalmazó integrálokat először az intézetünkben már korábban kifejlesztett, az egyenáramú problémát kielégítő pontossággal megoldó, Kaszás-féle szűrőegyütthatókkal számoltuk, majd az időközben (1979-ben) nyilvánosságra hozott Anderson-féle szűrőegyütthatókkal, és a Koefoed-féle szűrőegyütthatókkal is. Az így elkészült görbeseregek alkalmasak voltak a módszer felbontóképességének elemzésére. Ugyanakkor a Maxi-Probe EMR—16 műszerrel végzett mérések bizonyos elméleti problémái azt a követelményt állították fel, hogy a számított görbék pontosságát ellenőrizzük, illetve kiszélesítsük az indukciós szám azon intervallumát, ahol számításaink adott hibahatáron belül vannak.

A szűrési módszer — ahol az eredeti integrált egy kvadrátúra formula helyettesíti — nem ad felvilágosítást az integrál értékének kiszámításai pontosságáról. Ezért 1980—82-ben numerikus integrálszámító eljárást és ezt R—35 számítógépen megvalósító programot dolgoztunk ki, amely előre meghatározott pontosságon belül számolja ki az integrálok értékét. A különböző programok összevetése lehetőséget adott az egyes szűrési eljárások hibájának megállapítására, illetve különböző feladatoknál — a pontossági követelményektől függően — az integrálási módszer kiválasztására.

\* Prácser E., Szigeti G., Szabadváry L.

*Az  $n$  réteges közeg felszínén elhelyezett vertikális mágneses dipól elektromágneses tere*

Az elméleti levezetés végpontját, és a numerikus vizsgálatok illetve számítógépes programírás kiinduló pontját jelentő számítási formulák az alábbiak:

$$E_{\varphi} = -\frac{3IS}{2\pi\sigma_1 L^4} \left\{ 1 - e^{-\frac{2\pi r}{\zeta}(1-i)} \left[ 1 + \frac{2\pi r}{\zeta}(1-i) - \frac{8\pi^2 r^2}{3\zeta^2} i \right] - \frac{2}{3} r^4 \int_0^{\infty} \frac{\beta_1 b_1 (t-\beta_1) t^2}{(t+\beta_1) + (t-\beta_1) b_1} J_1(r \cdot t) dt \right\},$$

$$H_z = \frac{9IS}{2\pi i \omega \mu \sigma_1 L^5} \left\{ 1 - e^{-\frac{2\pi r}{\zeta}(1-i)} \left[ 1 + \frac{2\pi r}{\zeta}(1-i) - \frac{32}{9} \frac{\pi^2 r^2}{\zeta^2} i - \frac{16}{9} \frac{\pi^3 r^3}{\zeta^3} (1+i) \right] + \frac{2}{9} r^5 \int_0^{\infty} \frac{\beta_1 b_1 (t-\beta_1) t^3}{(t+\beta_1) + (t-\beta_1) b_1} J_0(r \cdot t) dt \right\},$$

$$H_r = \frac{IS i \omega \mu \sigma_1}{16\pi L} - \frac{IS}{2\pi h_1^3} \int_0^{\infty} \left[ \frac{(1-b_1)\beta_1 t^2}{(t+\beta_1) + (t-\beta_1) b_1} - \frac{t^2}{2} + \frac{k^2 h^2}{8} \right] J_1(tr) dt.$$

A szereplő fizikai mennyiségek jelentése és mértékegysége:

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| $L$ (m)                     | adó-vevő távolság  |
| $\omega$ (1/s)              | adó körfrekvenciája ( $\omega = 2\pi f$ )  |
| $I$ (A)                     | adóhurokban folyó áram erőssége  |
| $S$ (m <sup>2</sup> )       | adóhurok területe  |
| $\mu$ (Vs/Am)               | mágneses permeabilitás (az összes közegben $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am-nek tekintjük) |
| $\sigma_i$ (1/ $\Omega m$ ) | az $i$ -edik réteg vezetőképessége ( $\varrho_i = 1/\sigma_i$ )                            |
| $h_i$ (m)                   | az $i$ -edik réteg vastagsága.   |

Illetve az ezekből származtatott mennyiségek:

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{8\pi^2}{\omega \mu \sigma_1}} = \sqrt{\frac{10^7 \cdot \varrho_1}{f}} \text{ első rétegbeli hullámhossz, } (k^2 = i\omega \mu \sigma_1^2),$$

$$\zeta = \frac{\lambda_1}{h_1}, \quad r = \frac{L}{h_1}, \quad \gamma_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_1}, \quad v_m = \frac{h_m}{h_1} \text{ normált mennyiségek.}$$

A mindhárom komponens magfüggvényében szereplő  $b_1 = b_1(t)$  tényezőt, amely a modell ( $\varrho_1, \varrho_2, \dots, \varrho_n$ ) és ( $h_1, h_2, \dots, h_{n-1}$ ) rétegpármetereit tartalmazza, a következő rekurzió definiálja:

$$b_m = \frac{(\beta_m - \beta_{m+1}) + (\beta_m + \beta_{m+1}) \cdot b_{m+1}}{(\beta_m + \beta_{m+1}) + (\beta_m - \beta_{m+1}) \cdot b_{m+1}} \cdot e^{-2\beta_m v_m},$$

$$b_n = 0 \quad m = n-1, n-2, \dots, 1$$



ahol:

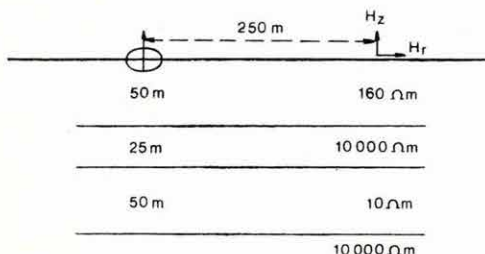
$$\beta_i = \sqrt{t^2 - i \frac{8\pi^2 \gamma_m}{\xi^2}} = \sqrt{t^2 - i \frac{8\pi^2}{10^7} \cdot f \cdot \sigma \cdot h_1^2},$$

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

A fenti képletekben  $E_\varphi$  és  $H_z$  komponensnél az első tag a homogén féltérlet írja le, míg  $H_r$ -nél az első tagnak nincs önálló fizikai jelentése, a magfüggvény nagy  $t$  értékekre vett aszimptotájának integrálásából származik. Ezen képletek számítógépes megvalósításánál a problémát az integrálok értékének kiszámítása jelenti. Ebben egyfelől elméleti nehézség, hogy a numerikus integrálás  $(0, \infty)$  helyett csak  $(0, N)$  intervallumon történhet, így hatékony megoldást kell találnunk a gyorsan oszcilláló integrál maradéktag becslésére. Másfelől gyakorlati nehézség, hogy a komplex számokat tartalmazó, rekurzióval nyert  $b_1$  mennyiség számítási gépideje nagy, és a rétegek számának növelésével egyenes arányban nő. Az első problémát kellően nagy  $N$ -re, ahol a magfüggvény monoton tart 0-hoz és a Bessel függvény aszimptotikus alakjával közelíthető, a Leibniz típusú sorokra vonatkozó becsléssel oldottuk meg, a másodikat a Simpson és Filon integrálási formulák kombinált alkalmazásával. Ez utóbbi előnye abban áll, hogy nagy  $r$ -ek esetén analitikusan veszi figyelembe a magfüggvénynél gyorsabban változó Bessel függvény oszcillációját.

A feltüntetett modell felett különböző módszerekkel, szűrésekkel és numerikusan számolt  $H_z/H_r$  görbék összehasonlítását tartalmazza a *III. táblázat*. A numerikus oszlop eredményeinek relatív hibája  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-4}$ , ami egy nagyságrenddel kisebb a különböző oszlopok relatív eltérésénél, így alkalmas azok hibájának becslésére. A szűrési módszerek közül az Anderson-féle szűrés a legpontosabb az indukciós szám egy szélesebb tartományában; így olyan feladatoknál, ahol az indukciós szám nem túl széles határok között változik (pl. mérés paramétereinek tervezése) ezzel a módszerrel állítjuk elő a görbét. Más esetekben, ahol nagyfrekvenciákon is pontos eredményekre van szükségünk (pl. legkisebb információs mélység meghatározása) a kb. 3-szor lassabb és így költségesebb numerikus módszert használjuk.

A 73. ábra egy kétréteges görbesereget ábrázol, ahol a görbék paramétere a jólvezető második réteg ellenállása. A görbét szűréssel számoltuk, de a magasabb frekvenciákon numerikusan is ellenőriztük. Az eltérés kisebb volt a grafikus ábrázolás pontosságánál.

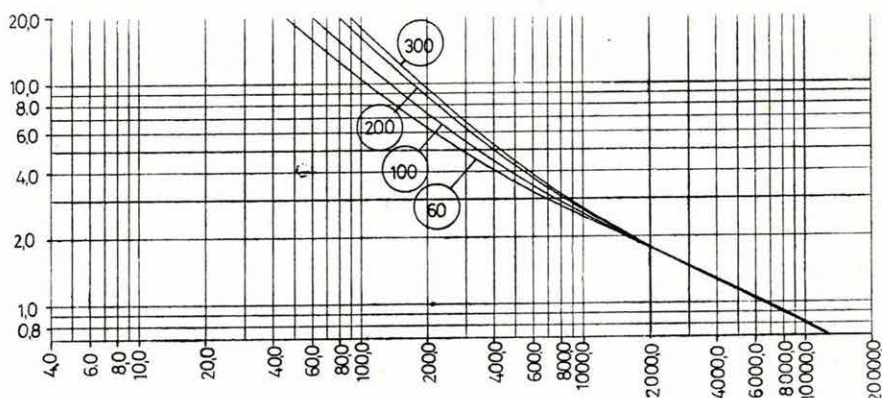


A III. táblázathoz tartozó modell

| $f$    | Koefoed<br>szűrőssel | Kaszás<br>szűrőssel | Anderson<br>szűrőssel | Szigeti<br>numerikus |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| 707    | 1,548                | 1,540               | 1,553                 | 1,541                |
| 1 000  | 1,403                | 1,380               | 1,390                 | 1,379                |
| 1 414  | 1,301                | 1,268               | 1,277                 | 1,271                |
| 2 000  | 1,219                | 1,189               | 1,196                 | 1,192                |
| 2 828  | 1,130                | 1,115               | 1,123                 | 1,115                |
| 4 000  | 1,022                | 1,017               | 1,036                 | 1,029                |
| 5 650  | 0,903                | 0,919               | 0,931                 | 0,927                |
| 8 000  | 0,786                | 0,815               | 0,819                 | 0,818                |
| 11 300 | 0,679                | 0,707               | 0,704                 | 0,703                |
| 16 000 | 0,583                | 0,586               | 0,586                 | 0,587                |
| 22 627 | 0,506                | 0,454               | 0,462                 | 0,464                |
| 32 000 | 0,518                | 0,321               | 0,326                 | 0,331                |
| a.     | 56%                  | 3%                  | 1,5%                  | —                    |
| b.     | 53                   | 31                  | 283                   | —                    |
| c.     | 53                   | 31                  | 37—69                 | 64—300               |

III. táblázat Különböző szűrési eljárásokkal és numerikusan számolt  $H_z/H_r$  görbék összevetése

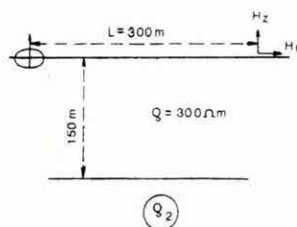
a — a maximális hiba  $f=3200$  Hz-nél; b — a megfelelő szűrési módszernél az összes együlítható száma; c — a magfüggvény mintavételezési száma (a gépidő arányok jellemzése céljából)



73. ábra. Kétréteges ( $H_z/H_r$ ) görbék az indukciós szám függvényében. A görbék paramétere  $Q_2$ , a második réteg ellenállása

Fig. 73. Two-layer master curves ( $H_z/H_r$ ) as functions of the induction number. Parameter of the curves is  $Q_2$ , the resistivity of the second layer

Рис. 73. Двухслойные кривые ( $H_z/H_r$ ) в зависимости от числа возбуждений. Параметром кривых  $Q_2$  является сопротивление второго слоя





## 2.2.2 Régészeti célú mérések\*

A régészeti kutatások hatékonyságának növelésére a világ több országában, köztük hazánkban is, egyre kiterjedtebben alkalmazzák a geofizikai módszereket. Korábbi eredményes kísérleti mérések (pl. a Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszék Tállya környéki, az ELGI 1979. Évi Jelentésben közölt Sümeg—Mogyorósdomb területen végzett mérései stb.) után 1982-ben a Központi Földtani Hivatal és az MTA Régészeti Bizottsága együttműködést alakított ki hazai régészeti kutatásoknál geofizikai módszerek hasznosítására. Ennek során az ELGI több régészeti intézménnyel, így az MTA Ásatási Bizottságával (Dr. Fodor István), az MTA Régészeti Intézettel (Dr. Kalitz Nándor), a Magyar Nemzeti Múzeummal (Dr. Korek József, Dr. Tóth Endre), a Göcsej Múzeummal (Dr. Vándor László) tartott kapcsolatot. A közösen kiválasztott területeken méréseket végeztünk a nyersanyagkutatáshoz kifejlesztett olyan felszíni geofizikai módszerekkel, amelyek a régészeti kutatásoknál is használhatók. 1982-ben különböző geofizikai modellű, vagyis a kutatás szempontjából különböző nehézségi fokú területeken kísérleti méréseket végeztünk, a méréseket és az árkolásokat célszerűen összehangoló régészeti kutatási metódika kialakítása érdekében.

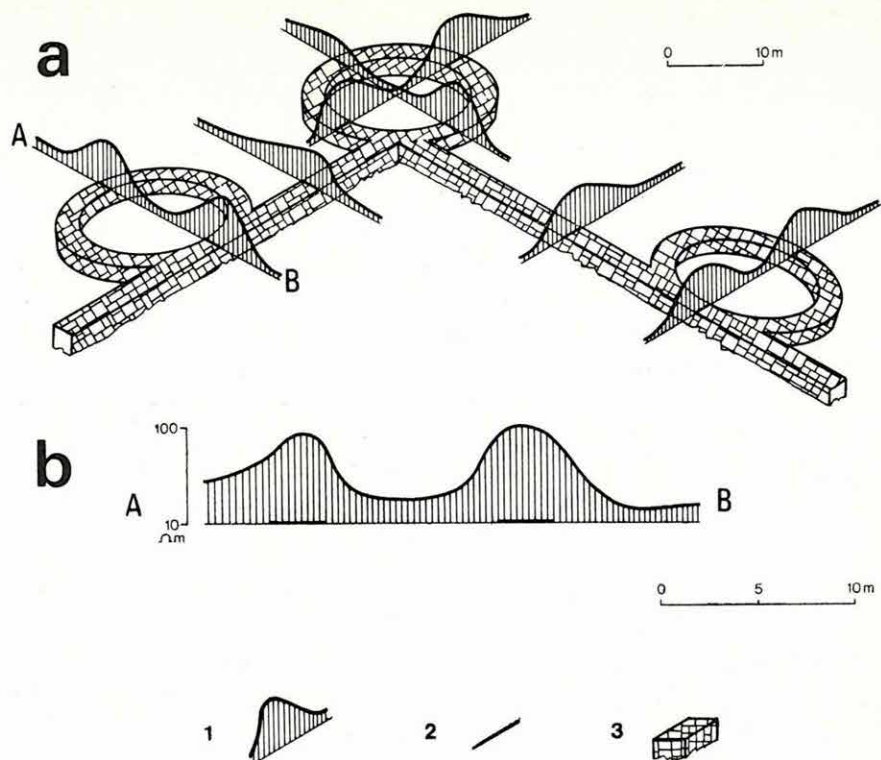
A *kapospulai-alsóhetényi* kutatási területen egy 0,7—1 m vastagságú talajjal fedett, mészkőből épült római kori erődfal részletének kimutatása volt a feladat. A fal lefelé néhány m-re terjed ki. A mészkőfal és a talaj között kedvezően nagy fajlagos ellenálláskülönbség van, ami lehetővé tette, hogy ellenállásszelvényezéssel meghatározzuk a mérési szelvényekben a felszakaszok helyét (74. ábra). A falszakaszokból — a római kori erődfalak felépítésére vonatkozó régészeti ismeretanyagot is felhasználva — megszerkesztettük az erődfalrészlet elhelyezkedését. Az ellenállásszelvényezés olyan egyértelmű, megbízható megoldást szolgáltatott, amire — régész együttműködőink véleménye szerint — árkolásos ellenőrzés szükségtelen.

*Aszód határában* egy 0,5—1,0 m talajjal takart, néhány m szélességű és mélységű, 60—80 m átmérőjű, körgyűrűszerű árok kimutatására végeztünk mérést. Az agyagos, homokos talaj és a korabeli betöltés fajlagos ellenálláskülönbsége csak 10—30%. Az objektum — viszonylag nagy méreteinek köszönhetően — ellenállásszelvényezéssel kielégítő biztonsággal kimutatható volt. 1983-ban a Régészeti Intézet — további ellenállásszelvényezés után — a geofizikai eredmények felhasználásával orientált árkolást tervez.

Az 1982. évi munkáink közül legnehezebb feladatnak a 0,7—1,5 m talajtakaróval fedett, betemetődött veremlakások, sírok, gödrök felkutatása bizonyult, mivel ezek ellenálláskülönbsége a környezethez viszonyítva ugyancsak 10—30%, de horizontális méreteik nem haladják meg a néhány métert. Ilyen

\* Csathó B., Csókás J. (NME), Pattantyús M., Simon A.





74. ábra. Régészeti célú geofizikai mérések (ellenállásszelvényezés eredménye az alsóhetényi későrómai erőd romjai felett)

- a) Az erődfalak rekonstrukciója az ellenállás-maximumokból  
b) ellenállás szelvény az eltakart falmaradványok felett

1 — ellenállásszelvény; 2 — az ellenállásszelvényezéssel meghatározott falszakasz helye;  
3 — feltételezett falmaradvány

Fig. 74. Geophysics in archeology. Resistivity profiling over the ruins of a late Roman fortress in Alsóhetény

- a) Reconstruction of the fortress walls from the resistivity highs  
b) Resistivity section over the buried wall segments

1 — resistivity profile; 2 — site of wall segments determined from the resistivity profile; 3 — assumed wall remnants

Рис. 74. Геофизические работы для археологических целей (результат зондирования по методу сопротивления над разломами римлянской крепости ок. с. Алшохетень)

- a) реконструкция стенок крепости по максимумам сопротивления,  
b) кривая сопротивления над перекрытыми остатками стен

1 — кривая сопротивления; 2 — местоучастков стен, определенных по зондированию;  
3 — предполагаемые остатки стен

méréseket az ELGI *Balatonmagyaród—Hidvégpusztán és Aszódon*, az NME Geofizikai Tanszéke *Tiszaúcon* végzett. Némely veremlakás kimutatásánál segített a hajdani kemencék, tűzhelyek kiégett agyagmaradványainak mágneses hatása. A kutatás során ezért sűrű hálózatban ellenállástérképezést, néhol mágneses térképezést végeztünk. Az ellenállásszelvények, térképek grafikus megjelenítésére, célszerű szűrésére programokat készítettünk az ELGI HP 9845 S típusú kisszámítógépre épült terepi feldolgozó rendszerén (KIR, lásd: 2.2.3 pontnál). A térképeken olyan anomáliák jelentkeztek, amelyek — kiterjedésükből, gyakoriságukból ítélve — valószínűleg a keresett régészeti objektumokhoz kapcsolódnak. A kutatás eredményességét az 1983. évi feltárások alapján lehet majd valósan értékelni.

A rádiófrekvenciás módszer és műszer régészeti kutatásra alkalmas változatának kifejlesztésére 1982-ben az NME és az ELGI előzetes elméleti vizsgálatokat és műszertervezést végzett. A terepi kísérleti mérések pozitív eredménye e fejlesztés folytatását indokolja.

### 2.2.3 Számítógép interaktív alkalmazása a földtani-geofizikai kutatásban (KIR)\*

A korszerű földtani-geofizikai módszerek alkalmazása során nagy mennyiségű adat halmozódik fel a kutatási területekről. Az adattömeg feldolgozása, gyors és pontos információ szolgáltatása a felhasználóknak nem képzelhető el számítógép alkalmazása nélkül.

Az ELGI-ben kifejlesztésre került egy számítógépes Kutatási Információs Rendszer (KIR). Ennek rövid ismertetése megjelent az 1979. Évi Jelentésben (58. oldal). Most részletesebben bemutatjuk a rendszert, az azóta történt változásokkal együtt. A rendszer alapja egy HP 9845 S típusú, nagy kapacitású mikroszámítógép. A számítógéphez 64 Kbyte központi memória, mágnesszalagos és mágneslemezes (floppy disc) adattároló egységek, rajzgép (plotter) és digitalizáló tartozik. Mindezek beépíthetők egy terepjáró gépkocsiba, így a terepi számítócentrum könnyen mozgatható és a kutatás helyszínén is működhet. Szükség esetén megteremthető a kapcsolat (az adatátvitel) a terepi számítógép és az ELGI R—35 bázisú számítóközpontja között.

A programrendszer alapja egy adatkezelő rendszer. Ennek feladata az adatok felvitele, javítása, tárolása és visszakeresése. Az adatok származhatnak:

- fúrásokból (földtani adatok és a produktív rétegekre vonatkozó ismeretek),
- felszíni földtani térképezésből (pl. kibúvások),
- geofizikai szelvényekből,
- értelmezett pontszerű geofizikai mérésekből.

\* *Hornung P., Kelemen Z., Tóth Cs., Szabadvány L.*



Az adatok beadása a számítógép billentyűzetén keresztül történik, de mód van térképalapról digitalizálással topográfiai, illetve földtani adatok átvitelére is. Digitalizáláskor a térkép kiválasztott pontjainak és vonalainak koordinátái elektronikus érzékeléssel automatikusan a számítógépbe kerülnek. Az adatok lehetnek szöveges típusúak (pl. egy fúrásban a földtani rétegek megnevezése), vagy numerikusak (pl. a rétegek mélysége a fúrásban).

A mikroszámítógépek alapvető tulajdonsága az interaktivitás: a gép és kezelője párbeszédet folytat a program futása közben. Ez lehetővé teszi az adatkezelés gyorsaságát és rugalmasságát. Az adattárak kulcsolt rendszerűek, azaz egy adott rekord (pl. fúrás) azonosítója (kulcsa) alapján a hozzá tartozó adatok közvetlenül hozzáférhetők. Az adattárak szerkezete kutatási területenként és az adatok jellegétől függően különböző, könnyen változtatható. Az adatokat tárolhatjuk pontszerűen, szelvény mentén és hálózatban.

A fúrások adatait tartalmazó adatbázis fúrásonként kinyomtatható, ez a fúrási adatlap. Az adatlapok formátuma az adatbázis szerkezetétől függően változtatható. Az adatlapokat a számítógép a képernyőre rajzolja ki, majd nyomtató berendezése papírmásolatot készít. Illusztrálásul mellékeljük a Máza—D kutatási terület egyik fúrásához tartozó adatlap-sorozatát. Az első lapon (75. ábra) a produktív rétegek bányászintenkénti összevont táblázatát és a földtani rétegsort látjuk. A második lap a fúrásferdeséget mutatja felül- és oldalnézetben (76. ábra). A harmadik és negyedik lap (77. és 78. ábra) bemutatja a széntelepek elhelyezkedését és táblázatba foglalja legfontosabb minőségi paramétereiket (fűtőérték, hamutartalom, kokszolhatóság stb.).

A fúrási adatbázis tartalmának grafikus megjelenítése a földtani szelvények megszerkesztéséhez szolgáló nagy pontosságú szelvényváz, amelyen a fúrások földtani határfelületei, illetve azok mélységadatai is szerepelnek. Ezen a szelvényen, mint munkapéldányon tudják a geológus—geofizikus szakemberek értelmezett szelvényeiket megszerkeszteni. Amennyiben a fúrásferdeségből származó geometriai eltérés jelentős, úgy a szelvényen a fúrásokat ennek figyelembevételével ábrázoljuk. A program kívánságra az egyes fúrások között az összetartozó földtani határfelületeket matematikai görbeillesztéssel össze is köti.

A grafikus megjelenítés szemléletesebb módja a szintvonalas és a háromdimenziós ábrázolás. Ezek igényes megvalósításához szabályos hálózatban megadott adatrendszerre van szükség. Így a területen többnyire szabálytalanul elhelyezkedő és eltérő megbízhatóságú eredeti adatrendszert szabályos hálózattá kell átalakítani. Ez interpolációval történik, tehát az eredeti pontokra való felületillesztéssel. Ezzel az eljárással elérjük, hogy az így előállított hálózattól megrajzolt térkép az eredeti adatokhoz nagy pontossággal illeszkedjék, a szintvonalak lefutása az elvárthoz közel álljon, és az adatok közötti területen is reális képet adjon. Ez a térkép természetesen csak azokat az információkat tartalmazza, amelyek az alapadatokban szerepelnek.



Mélyült: 1978-1979/OFKfV Dunántúli Üv.

HDR X=+6950.17 Y=+1037.32 Z=+386.62 (Bf)

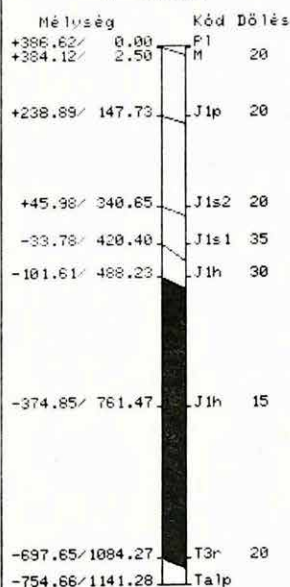
Talpmélység: 1147.00

Magfúrás: 0-1147

## ÖSSZEVONT FÚRÁSSZELVÉNY

M= 1:10000

## SZÉNTELEPEK VASTAGSÁGA



| Szint    | 0.4-1.2m  | 1.2-1.8m | 1.8-2.4m | 2.4m-től | Összesen  |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| +500-ig  |           |          |          |          |           |
| +400-ig  |           |          |          |          |           |
| +300-ig  |           |          |          |          |           |
| +200-ig  |           |          |          |          |           |
| +100-ig  |           |          |          |          |           |
| 0-ig     |           |          |          |          |           |
| -100-ig  |           |          |          |          |           |
| -200-ig  |           |          |          |          |           |
| -300-ig  | 1.40/ 2   | 2.70/ 2  | 1.80/ 1  | 12.50/ 3 | 18.40/ 6  |
| -400-ig  | 3.70/ 5   | 4.60/ 3  | 6.50/ 3  | 9.80/ 2  | 24.60/ 13 |
| -500-ig  | 3.90/ 5   | 2.70/ 2  | 2.30/ 1  | 14.50/ 4 | 23.40/ 12 |
| -600-ig  | 1.40/ 2   | 1.70/ 1  |          |          | 3.10/ 3   |
| -700-ig  |           |          |          |          |           |
| -800-ig  |           |          |          |          |           |
| -900-ig  |           |          |          |          |           |
| -1000-ig |           |          |          |          |           |
| -1100-ig |           |          |          |          |           |
| -1200-ig |           |          |          |          |           |
| Σ-560-ig | 10.40/ 14 | 11.70/ 8 | 10.60/ 5 | 36.80/ 9 | 69.50/ 36 |
| Összesen | 10.40/ 14 | 11.70/ 8 | 10.60/ 5 | 36.80/ 9 | 69.50/ 36 |

KÖZPONTI FÖLDTANI HIVATAL

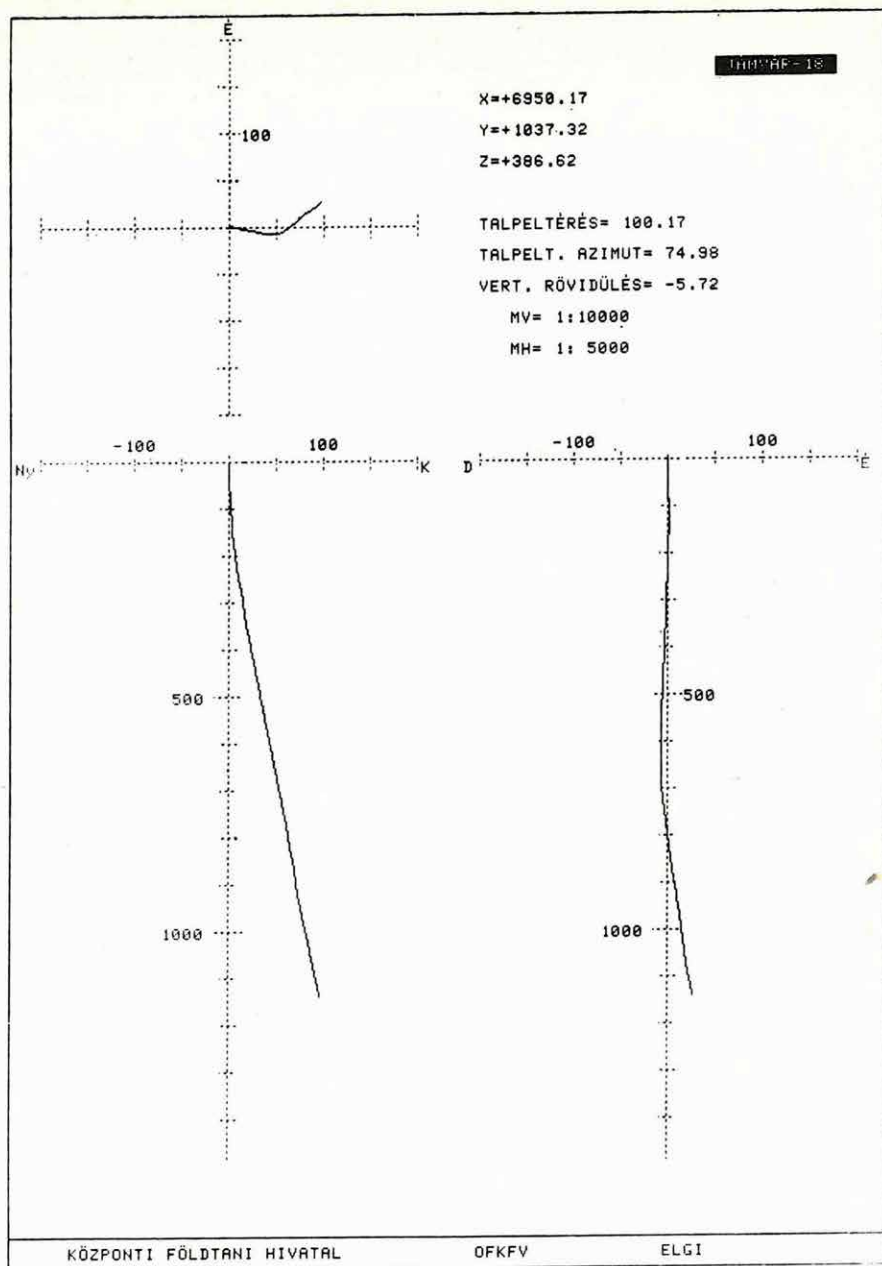
OFKfV

ELGI

75. ábra. Fúrási adatlap (Máza-D kutatási terület). Produktív rétegek és földtani rétegsor

Fig. 75. Borehole data sheet (Máza-south project). Productive layers and geological section

Рис. 75. Лист данных бурения (район разведки Маза-Ю). Продуктивные слои и геологическая колонка



76. ábra. Fúrási adatlap (Máza-D kutatási terület). A fúrásferdeség adatai

Fig. 76. Borehole data sheet (Máza-south project). Borehole deviation

Рис. 76. Лист данных бурения (район разведки Маза-Ю). Данные о кривизне скважины

## TELEPCSOPORT ÉRTÉKELŐ ADATLAP

M= 1:1000

| Tető            | Talp            | Hv   | D  | Q <sub>i</sub> | A <sup>n</sup> | S <sub>b</sub> | V <sup>n</sup> | Tf   |
|-----------------|-----------------|------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| -227.62/ 614.24 | -233.32/ 619.94 | 5.70 | 20 | 15468          | 43.79          | 1.51           | 17.57          | 1.61 |
| -241.89/ 628.51 | -243.29/ 629.91 | 1.40 | 30 | 23738          | 14.41          | 3.13           | 27.00          | 1.17 |
| -251.46/ 638.08 | -252.28/ 638.88 | .80  | 40 | 30587          | 6.79           | 2.52           | 26.89          | 1.26 |
| -263.47/ 650.09 | -264.77/ 651.39 | 1.30 | 35 | 20687          | 34.16          | 1.65           | 17.69          | 1.35 |
| -264.93/ 651.55 | -266.73/ 653.35 | 1.80 | 45 | 10590          | 64.36          | 1.25           | 15.11          | 1.62 |
| -269.87/ 656.49 | -273.47/ 660.09 | 3.60 | 35 | 15628          | 45.50          | 1.75           | 13.20          | 1.48 |
| -279.73/ 666.35 | -282.93/ 669.55 | 3.20 | 30 | 21211          | 28.97          | 2.68           | 24.86          | 1.26 |
| -285.62/ 672.24 | -286.22/ 672.84 | .60  | 35 | 22987          | 25.49          | 2.15           | 23.27          | 1.35 |
| -301.30/ 687.92 | -306.60/ 693.22 | 5.30 | 30 | 22764          | 26.56          | 4.56           | 25.17          | 1.33 |
| -310.49/ 697.11 | -311.79/ 698.41 | 1.30 | 30 | 16795          | 33.56          | 1.96           | 20.34          | 1.43 |
| -319.60/ 706.22 | -320.30/ 706.92 | .70  | 30 | 17918          | 31.95          | 3.31           | 21.15          | 1.56 |
| -322.47/ 709.09 | -323.57/ 710.19 | 1.10 | 25 | 22610          | 22.82          | 3.43           | 22.74          | 1.24 |
| -336.77/ 723.39 | -341.27/ 727.89 | 4.50 | 25 | 19867          | 34.27          | 2.00           | 20.50          | 1.37 |
| -346.20/ 732.82 | -346.90/ 733.52 | .70  | 25 | 18902          | 41.82          | 1.87           | 17.80          | 1.51 |
| -351.27/ 737.89 | -353.57/ 740.19 | 2.30 | 30 | 24950          | 26.35          | 3.01           | 24.97          | 1.38 |
| -362.75/ 749.37 | -364.45/ 751.07 | 1.70 | 30 | 19801          | 33.87          | 2.21           | 21.37          | 1.38 |
| -365.14/ 751.75 | -366.74/ 753.36 | 1.60 | 30 | 20600          | 37.39          | 2.59           | 18.44          | 1.39 |
| -369.45/ 756.07 | -370.05/ 756.67 | .60  | 30 | 21900          | 20.68          | 3.96           | 25.21          | 1.32 |
| -381.99/ 768.61 | -384.29/ 770.91 | 2.30 | 35 | 20070          | 33.62          | 6.01           | 22.63          | 1.35 |
| -389.64/ 776.26 | -390.24/ 776.86 | .60  | 35 | 14588          | 45.02          | 4.84           | 20.21          | 1.66 |
| -394.16/ 780.78 | -396.06/ 782.68 | 1.90 | 35 | 18240          | 36.34          | 5.12           | 23.76          | 1.46 |

KÖZPONTI FÖLDTANI HIVATAL

OFKfV

ELGI

77. ábra. Telepcsoport értékelő adatlap (Máza-D kutatási terület)

Fig. 77. Data sheet for the evaluation of a series of strata (Máza-south project)

Рис. 77. Лист данных для оценки залежей (район разведки Маза-Ю)



HDR

X=+6950.17 Y=+1037.32 Z=+386.62 (Bf)

JANVAR-18

KOKSZOLHATOSAGI ADATLAP

M= 1:1000

| Tető            | Talp            | R <sub>m</sub> | V <sub>m</sub> | 1. | 2. | 3.    | 4.     | 5.     | 6.    |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----|----|-------|--------|--------|-------|
| -227.62/ 614.24 | -233.32/ 619.94 | 34.70          | 20.24          | -  | -  | -     | 66.98  | -      | 33.02 |
| -241.89/ 628.51 | -243.29/ 629.91 | 5.53           | 36.95          | -  | -  | -     | 100.00 | -      | -     |
| -251.46/ 638.08 | -252.26/ 638.88 | 5.95           | 34.10          | -  | -  | -     | 100.00 | -      | -     |
| -263.47/ 650.09 | -264.77/ 651.39 | 27.19          | 23.91          | -  | -  | 31.60 | 47.07  | -      | 21.33 |
| -264.93/ 651.55 | -266.73/ 653.35 | 40.85          | 20.52          | -  | -  | -     | 66.08  | -      | 33.92 |
| -269.87/ 656.49 | -273.47/ 660.09 | 43.95          | 16.13          | -  | -  | -     | 57.31  | -      | 42.69 |
| -279.73/ 666.35 | -282.93/ 669.55 | 20.14          | 38.08          | -  | -  | -     | 100.00 | -      | -     |
| -285.62/ 672.24 | -286.22/ 672.84 | 21.72          | 30.13          | -  | -  | -     | 82.81  | -      | 17.19 |
| -301.30/ 687.92 | -306.60/ 693.22 | 16.80          | 32.16          | -  | -  | -     | 89.60  | -      | 10.40 |
| -310.49/ 697.11 | -311.79/ 698.41 | 22.05          | 37.56          | -  | -  | -     | 100.00 | -      | -     |
| -319.60/ 706.22 | -320.30/ 706.92 | 19.80          | 32.44          | -  | -  | 10.35 | 61.71  | 9.74   | 18.20 |
| -322.47/ 709.09 | -323.57/ 710.19 | 17.48          | 27.81          | -  | -  | -     | 78.84  | 12.63  | 8.53  |
| -336.77/ 723.39 | -341.27/ 727.89 | 17.69          | 25.71          | -  | -  | 14.29 | 73.36  | -      | 12.35 |
| -346.20/ 732.82 | -346.90/ 733.52 | 27.58          | 23.66          | -  | -  | -     | 78.22  | -      | 21.78 |
| -351.27/ 737.89 | -353.57/ 740.19 | 16.94          | 33.27          | -  | -  | 9.56  | 59.85  | 21.11  | 9.48  |
| -362.75/ 749.37 | -364.45/ 751.07 | 7.63           | 33.81          | -  | -  | -     | 74.46  | 25.54  | -     |
| -365.14/ 751.76 | -366.74/ 753.36 | 26.80          | 24.44          | -  | -  | 23.34 | 76.66  | -      | -     |
| -369.45/ 756.07 | -370.05/ 756.67 | 14.66          | 32.82          | -  | -  | -     | -      | 100.00 | -     |
| -381.99/ 768.61 | -384.29/ 770.91 | 16.39          | 41.51          | -  | -  | -     | 49.01  | 50.99  | -     |
| -389.64/ 776.26 | -390.24/ 776.86 | 8.55           | 31.24          | -  | -  | -     | -      | 73.48  | 26.52 |
| -394.16/ 780.78 | -396.06/ 782.68 | 15.94          | 41.31          | -  | -  | -     | -      | 100.00 | -     |

KÖZPONTI FÖLDTANI HIVATAL

OFKfV

ELGI

78. ábra. Kokszolhatósági adatlap (Máza-D kutatási terület)

Fig. 78. Coking capacity data sheet (Máza-south project)

Рис. 78. Лист данных о коксуетности (район разведки Маза-Ю)

A kézzel szerkesztett térképen földtani megfontolások alapján berajzolt, a fúrási adatokból közvetlenül nem érzékelhető vető a számítógépes térképen automatikusan nem jelenik meg. A vető létezését mennyiségileg megfogalmazott információként közölni kell a számítógéppel (pl. szelvények digitalizálásával). A KIR által létrehozott térképet mutat a 12/b ábra az 1. fejezetben. A térkép a triász időszak medencealjzat domborzatát ábrázolja a Gerecse hegység D-i részén, a csordakúti bauxitelfordulás körzetében. A térképen megjelennek a fúrási pontok, de mód van bármilyen más térképi információ (helyszínrajz, kibúváskontúr, geofizikai mérési vonalak helye stb.) ábrázolására is.

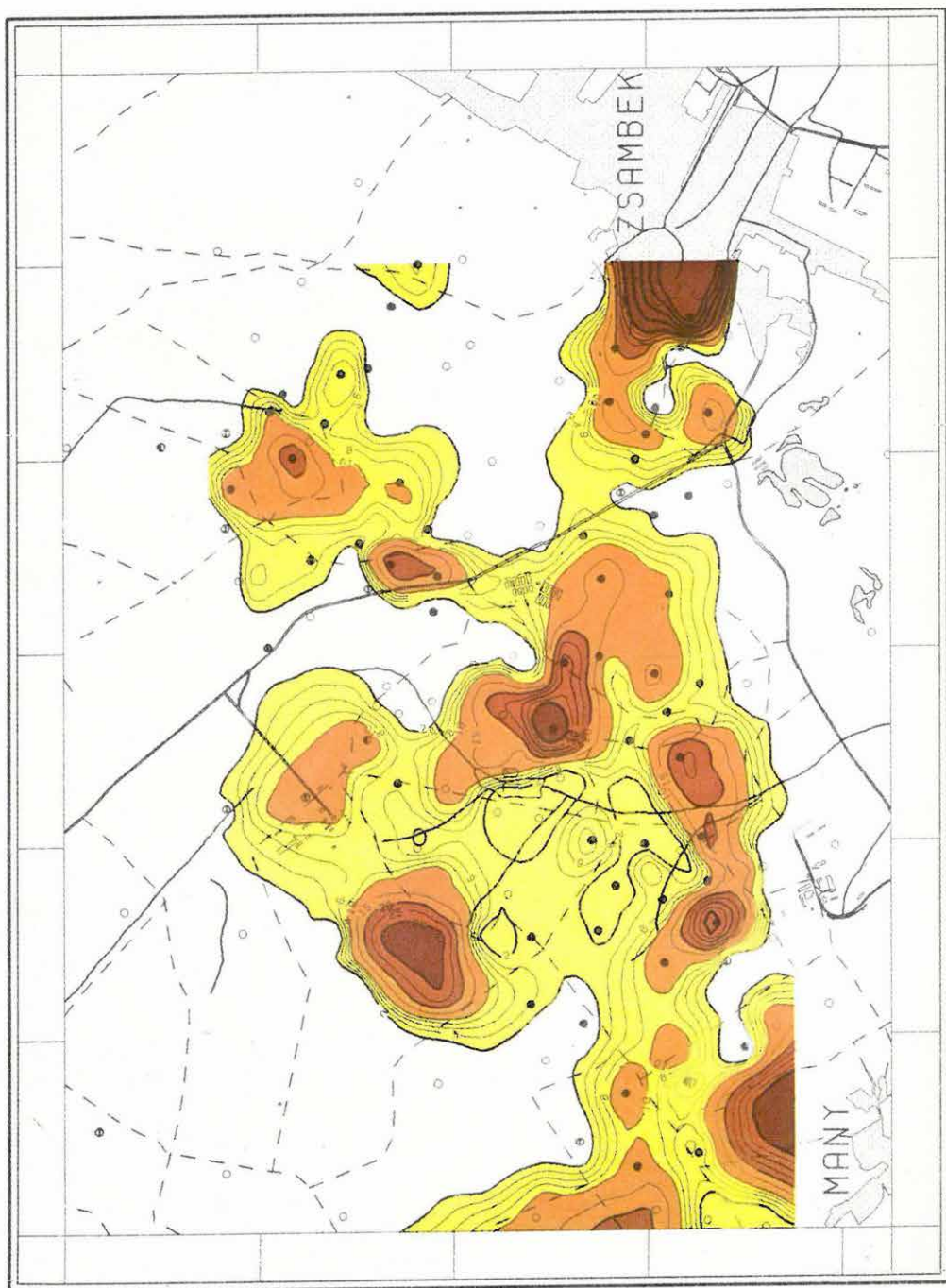
A *háromdimenziós axonometrikus ábrázolás* ugyanolyan szabályos rácsból indul ki, mint a szintvonal rajzolás. Mód van a térbelileg ábrázolt felület színezésére, a felület pontjainak magassága alapján, vagy egy másik, azonos hálózatban megadott adatrendszer értékei szerint. Az 1. fejezet 13. ábráján az előző térkép axonometrikus nézete látható. Az egyik rajzon az aljzat mélysége szerint lett a felület színezve, a másikon pirossal a bauxittelepeket emeltük ki.

A háromdimenziós megjelenítés leginkább az áttekintéshez, a döntés-előkészítéshez nyújt segítséget. A leképezés az axonometrikuson kívül perspektivikus is lehet, a nézőpont helyzete pedig szabadon megválasztható. Így előállíthatók olyan sztereografikus ábrapárok, amelyek sztereoszkóp alatt nézve térhatású képet adnak.

A programrendszer alkalmazása során a HP számítógép A/3 méretű plottere gyakran kicsinek bizonyul. Ezért az ELGI budapesti központjában működő R—35 típusú számítógépre és az ehhez tartozó VERSATEC plotterre egy *számítógépes térképrajzoló rendszert* (SZTR) fejlesztettünk ki. Ennek bemenő adatai a kisszámítógépen szabályos hálózatra interpolált adattömeg. Mivel ez a megoldás — adatátvitel a két számítógép között — a terepi számítógéphez képest rugalmatlan, elsősorban jelentés-dokumentáció elkészítéséhez lehet alkalmazni. Így készült pl. a Mátyás-K—zsámbéki terület felderítő kutatásának zárójelentéséhez egy sorozat nagyméretű és nagy pontosságú térkép, amelyek közül egy kicsinyített változatot a 79. ábra mutat (az eocén törmelék vastagsága; a térkép színezése kézi munkával történt).

Egy példán mutatjuk be, hogyan segíti a KIR a különböző geofizikai módszerek alkalmazását a komplex földtani kutatásban. A 80/a ábrán két előkutató fúrás alapján szerkesztett három határfelület látható. A Cs—316 fúrásban a szén (CE) alatt bauxit (BxA) is volt. A bauxit elterjedésének vizsgálatára — már a részletező kutatási fázisban — elektromágneses frekvenciaszondázásokat végeztünk a szelvény mentén. A szondázások eredménye a 80/b ábrán látható — a különböző színek különböző fajlagos ellenállású rétegeket jelölnek. Az eredmények a két fúrás között bauxitot valószínűsítettek. Az ezután telepített közbülső két fúrás valóban bauxitot harántolt, és pontosította a telep kiterjedését (80/c ábra).

A rendszer egyes elemei a bányászat és a bányatervezés részére is hasznosít-

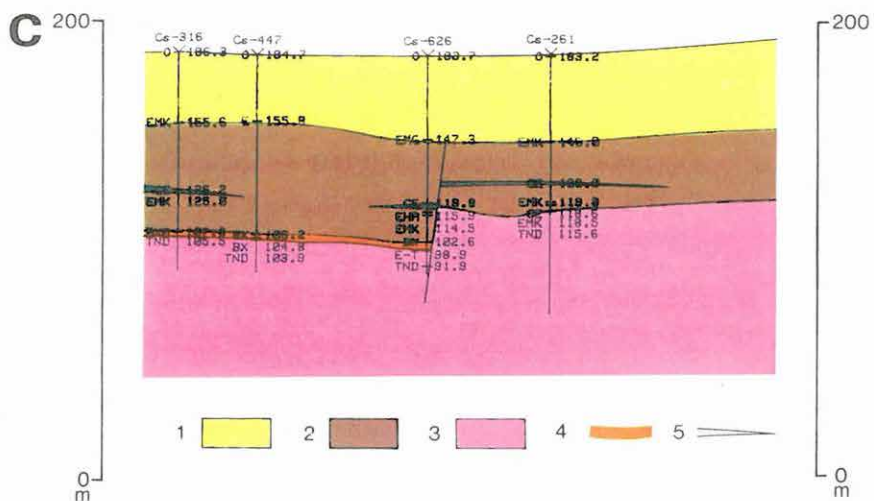
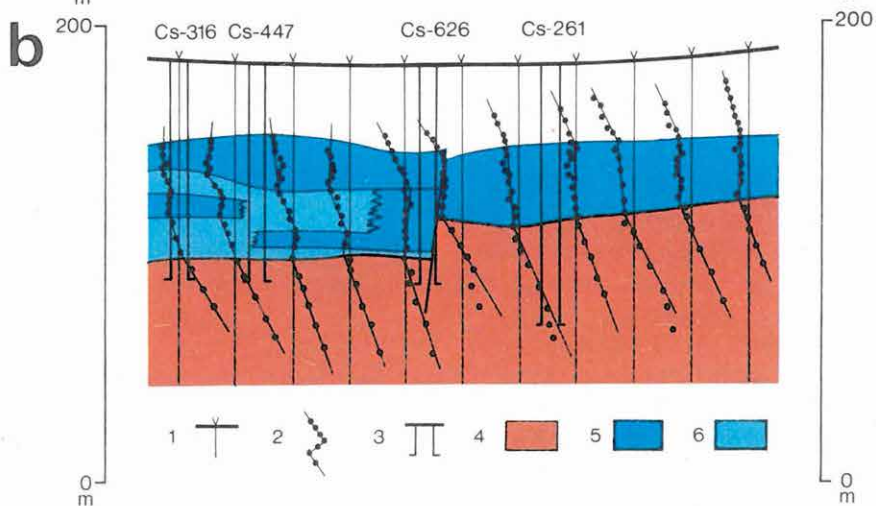
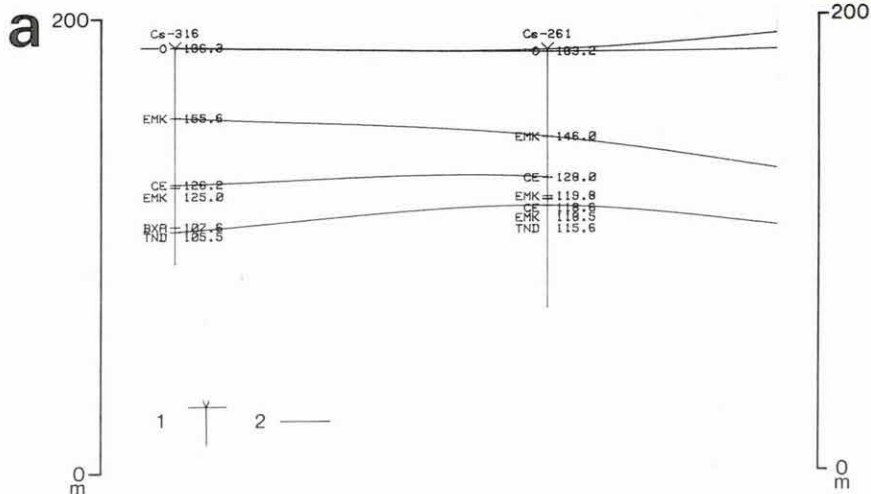




79. ábra. Az eocén törmelékes összlet vastagságtérképe (Mány-K—Zsámbék kutatási terület). Készült a Számítógépes Térképrajzoló Rendszerrel (SZTR)

Fig. 79. Isopach map of Eocene clastic sediments, Mány(east)—Zsámbék area. Prepared by the Computerized Mapping Software Package

Рис. 79. Карта мощности эоценовой обломочной толщи (Район Мань-В—Жамбек). Составлена при помощи Системы для вычерчивания карт на ЭВМ



80. ábra. Földtani szelvény pontosítása geofizika alapján kitűzött fúrásokkal

a) Számítógépes fúrásszelvény, készült az előkutató fúrások alapján

1 — fúrás; 2 — fúrásokból megszerkesztett határfelületek;

b) Elektromágneses frekvenciaszondázási szelvény, készült a részletes kutatási fázisban

1 — az elektromágneses frekvenciaszondázás vonatkoztatási tengelye; 2 — elektromágneses frekvenciaszondázási görbe; 3 — fúrás; 4 — nagyellenállású képződmény; 5 — kisellenállású képződmény; 6 — közepes ellenállású képződmény

c) Számítógépes fúrásszelvény. Készült a részletes kutatási fázis fúrási és geofizikai adatai alapján

1 — oligocén; 2 — eocén; 3 — triász; 4 — bauxit; 5 — szén

Fig. 80. Detailing of a geological cross section by boreholes marked out as results of a geophysical survey

a) Computer plotted geological cross section, prepared in the regional phase

1 — borehole; 2 — horizons correlated between boreholes

b) Multifrequency electromagnetic sounding profile, prepared in the detailed phase

1 — reference axis of MFS; 2 — MFS curve; 3 — borehole; 4 — high resistivity formation; 5 — low resistivity formation; 6 — formation of medium resistivity

c) Computer plotted geological cross section, prepared from borehole and geophysical data of the detailed phase

1 — Oligocene; 2 — Eocene; 3 — Triassic; 4 — bauxite; 5 — coal

Рис. 80. Уточнение геологического разреза при помощи бурений, заложенных по геофизическим данным.

a) Колонка скважины, составленная на ЭВМ на основании предварительного разведочного бурения

1 — скважина; 2 — разделы, построенные на основании скважины

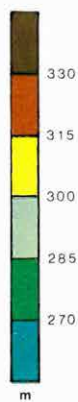
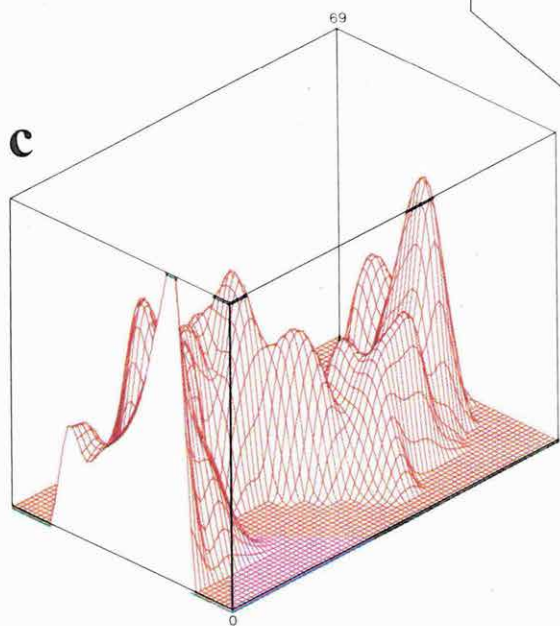
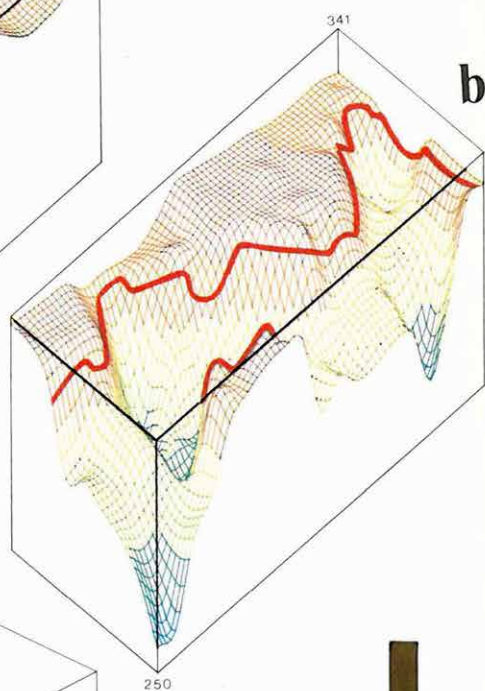
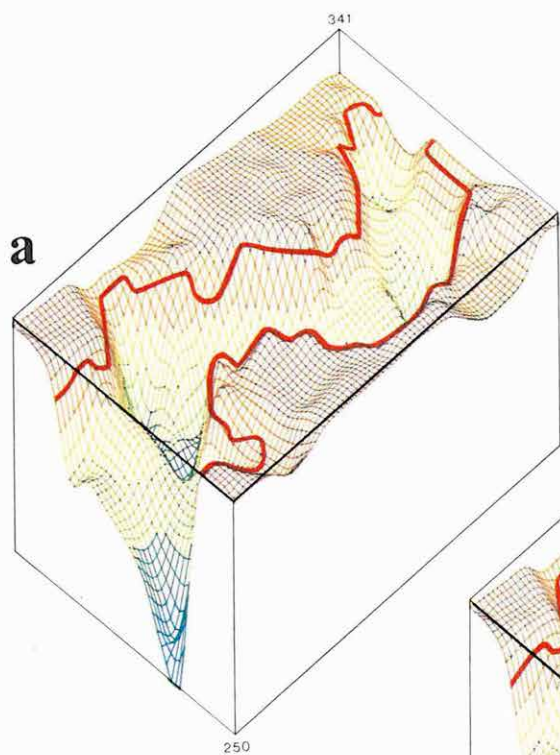
b) Разрез электромагнитного частотного зондирования, составленный, в фазе детальной разведки

1 — ось относимости МЧЗ; 2 — кривая МЧЗ; 3 — скважина; 4 — высокоомная формация; 5 — низкоомная формация; 6 — формация среднего сопротивления

c) Колонка скважины, составленная по данным бурения и геофизической съемки в фазе детальной разведки

1 — олигоцен; 2 — эоцен; 3 — триас; 4 — боксит; 5 — уголь





81. ábra. Számítógépes axonometrikus ábrázolás (Iharkút, V. sz. bauxitlencse)

- a) Bauxit fekvőjének mélysége (tengerszintre vonatkoztatva)
- b) A mélységtérkép hosszmetSZete
- c) Bauxitvastagság

1 — a bauxit kiékelődési vonala a dolomitfekü felszínén

Fig. 81. Axonometric computer plot of the Iharkút Vth bauxite lens

- a) depth of the bottom of the lense below sea level
- b) vertical section of the depth map
- c) bauxite thickness

1 — pinchout of the bauxite on the surface of the underlying dolomite

Рис. 81. Аксонометрическое изображение на ЭВМ (Ихаркут, бокситовая линза № V)

- a) Глубина залегания подошвы боксита (в приведении к уровню моря)
- b) Продольный разрез карты глубин
- c) Мощность боксита

1 — линия выклинивания боксита по поверхности доломита

ható eredményeket adnak. Így a 75—78. ábrákon bemutatott mázai adatlapok megszerkesztése már kimondottan a bányatervezés (illetve az azt még megelőző készletszámítás) igényeinek megfelelően történt. Hasonlóképpen a bányatervezési fázishoz kapcsolódik az iharkúti V. bauxitlencse kutatása. A bauxit tektonikai vonal mentén kialakult, karsztos tölcésrégekben helyezkedik el. A bauxitlencse axonometrikus képét mutatja a 81/a ábra, metszetét a 81/b ábra. Az adatrendszerből a bauxitkészletet is ábrázolni lehet (81/c ábra). Az elmúlt évek folyamán a programrendszert a szilárdásvány-kutatásban (mérnök, geológus, bányász szakemberek aktív közreműködésével) az alábbi főbb területeken alkalmaztuk:

- eocén program (Mány-K—Zsámbék, Tarján); a GEOMINCO és a Dorogi Szénbányák Tervező Iroda megbízásából;
- bakonyoszlopi bauxitkutatás: a Bauxitkutató Vállalat megbízásából;
- liász program (Máza—Váralja-D): a KFH megbízásából;
- dubicsányi barnakőszénkutatás: a KFH és a Szénbányászati Információs Szolgálat megbízásából;
- Baden-württembergi geofizikai kutatások: a Brigitte und Elwerath cég (NSZK) megbízásából;
- csordakúti bauxitkutatás: a Tatabányai Szénbányák megbízásából.

## 2.2.4 Az új típusú DIAPIR műszerek\*

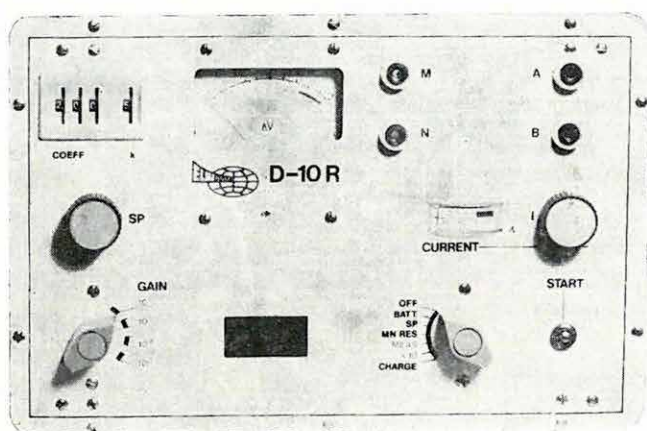
Az 1981. Évi Jelentésben ismertetett két mérőműszert (D—10/R és DIAPIR—DP, végleges elnevezésük D—10R és DIAPIR—18) egy újabb mérőműszer változattal (DIAPIR—18A, amelynél a primer jel kikapcsolása indítja a GP mérést) és különböző teljesítményű adókkal kiegészítve, létrejött az a műszercsalád, amelynek tagjai igen eltérő kutatási feladatok gazdaságos megoldására alkalmasak. Az 82. és 83. ábrán e műszercsalád legfontosabb tagjait mutatjuk be. Az alábbiakban a tartós terepi üzemelés néhány eredményét ismertetjük.

Az új DIAPIR műszerekben alkalmazott jel/zaj viszonyt javító eljárások (hosszú idejű integrálás és súlyozott összegzés) hatékonyságát összehasonlító mérésekkel vizsgáltuk. Összehasonlítási alapul a DIAPIR—E műszerrel végzett egyedi, pontszerű mérésekből kapott látszólagos fajlagos ellenállás értékek szolgáltak. Ezeket és a DIAPIR—18-cal kapott integrál-középtértékek súlyozott átlagait külön-külön átlagolva kaptuk a helyesnek tekinthető fajlagos ellenállás értékeket. A hibaeloszlási diagramon az ezektől a középtértékektől való eltérések gyakoriságát tüntettük fel (84. ábra). A kétféle mérésnél használt eltérő áramerősséget és a hibák eloszlását figyelembe véve mintegy hússzoros jel/zaj viszony javulást eredményeztek az alkalmazott eljárások.

\* Erkel A., Simon P.



Hasonló jellegű összehasonlítást a GP paraméterekre vonatkozólag többek között egy bulgáriai műszerbemutató és összemérés során végeztünk. A 85. ábrán látható szelvényszakaszt először egy jel/zaj viszonyt javító eljárást nem alkalmazó GP műszerrel mérték le, az ehhez szükséges áramerősség  $>20\text{ A}$  volt. A DIAPIR—18-cal — az ellenállás és GP értékek legfeljebb 1%-os eltérése mellett — a mérést 0,1A-ral végeztük. Az anomália csúcsán széles időtartományban mértük a dinamikus polarizálhatóságot ( $\tilde{P}_t$ ), mégpedig a 200 W-os adóval, majd a mérőműszer sokoldalúságát bizonyítva egy nagyteljesítményű adóval, amelyet a DIAPIR—18 vezérelt. A két mérésből kapott  $\tilde{P}_t$  értékek között, az áramerősségben levő hússzoros különbség ellenére is csak néhány tizedszázalékos eltérés volt.



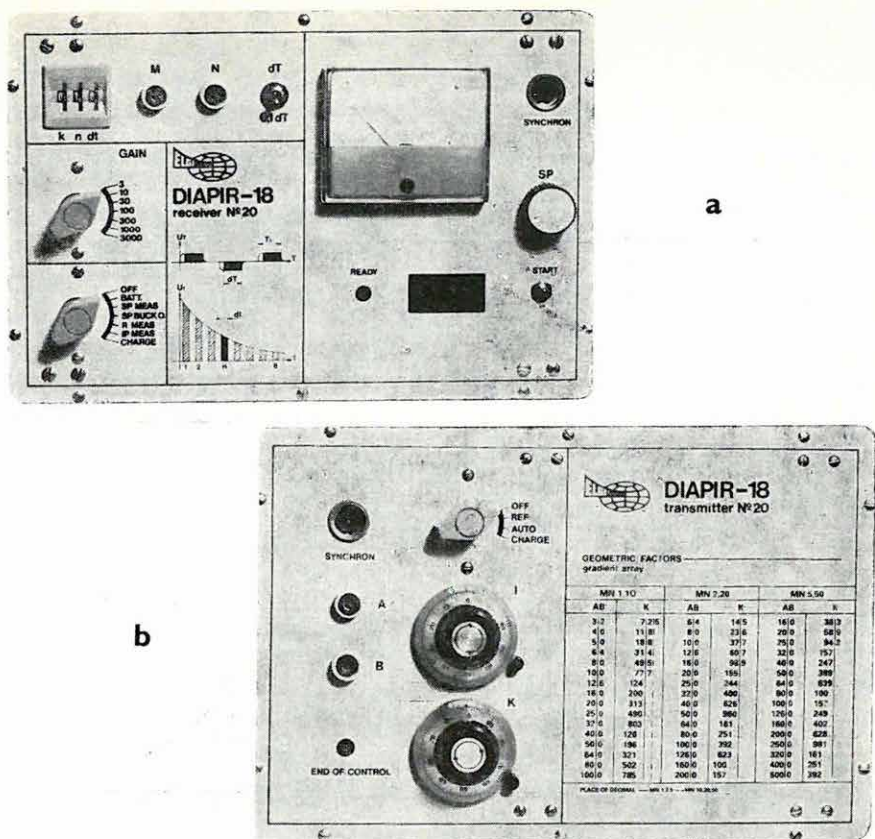
82. ábra. D—10R ellenállásmérő műszer 10 W-os, beépített NiCd akkumulátoros tápegységgel ( $U_{\max}=100\text{ V}$ ,  $I_{\max}=0,1\text{ A}$ ).

Felhasználási terület: víz- és szilárd ásványi nyersanyagok kutatása,  $AB_{\max}=2\text{—}2500\text{ m}$  elektródatávolságig (gradiens elrendezés)

Fig. 82. D—10R resistivity meter with a built-in 10 W NiCd battery power supply ( $U_{\max}=100\text{ V}$ ,  $I_{\max}=0.1\text{ A}$ ). Range of application: water- and solid mineral exploration, up to  $AB_{\max}=2\text{—}2500\text{ m}$  (gradient arrangement)

Рис. 82. Электроразведочная аппаратура для измерения сопротивления типа D—10R с встроенным источником питания из аккумуляторов NiCd ( $U_{\max}=100\text{ В}$ ,  $I_{\max}=0,1\text{ А}$ ).

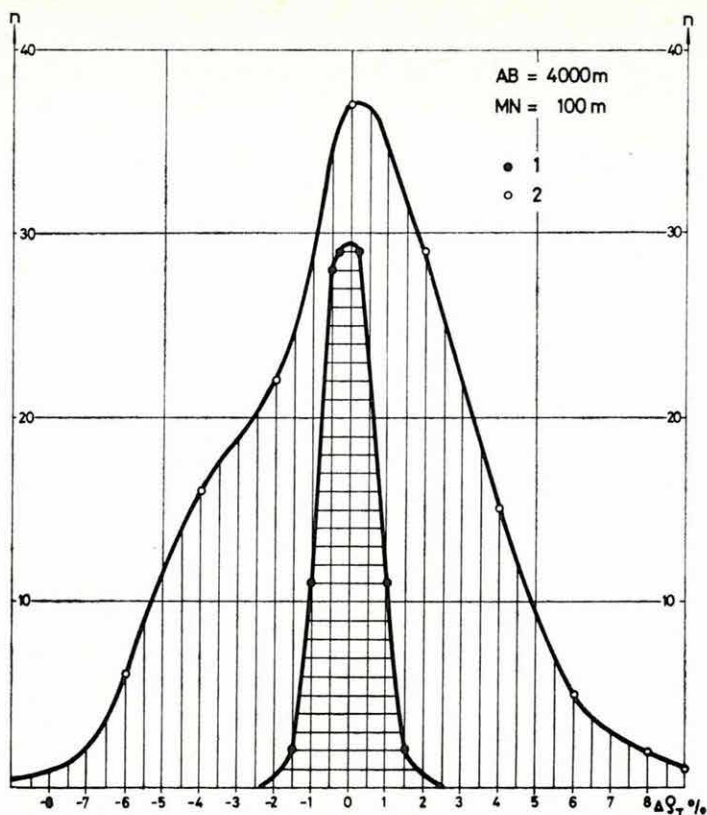
Область применения: разведка ресурсов воды и минерального сырья, при расстановке электродов до  $AB_{\max}=2\text{—}2500\text{ м}$  (градиентная установка).



83. ábra. DIAPIR—18 mérőműszer (a) és 10 W-os tápegység (b) a látszólagos fajlagos ellenállás, a látszólagos gerjeszthetőség és a dinamikus paraméterek mérésére. A DIAPIR—18 mérőműszer vezérli a tápegységet, amely lehet az ELGI által kifejlesztett 10 W-os, 200 W-os vagy 4 kW-os, de alkalmassá tehető bármely, elektronikus kapcsolókkal működő adó vezérlésére

Fig. 83. The DIAPIR-18 instrument (a) and the 10 W power supply (b) for recording apparent resistivity, apparent polarizability and the dynamic parameters. The DIAPIR-18 controls the special 10 W, 200 W or 4 kW power supplies developed by ELGI, or with minor modifications, any transmitter operating with electronic switches

Рис. 83. Электроразведочная аппаратура типа ДИАПИР—18 (а) и генераторная установка в 10 Вт (б) для измерения кажущегося удельного сопротивления, кажущейся возбуждаемости и динамических параметров. Измерительная аппаратура ДИАПИР—18 управляет генераторной установкой, которая может быть выпуска ЭЛГИ мощностью 10 Вт, 200 Вт или 4 кВт, но она также может быть доработана для управления любым передатчиком, работающим при помощи электронных переключателей



84. ábra. Ellenállásmérések hibaeloszlási diagramja

1 — DIAPIR—18 súlyozott átlagból meghatározott értékek,  $U_T = 100\text{--}200\ \mu\text{V}$ ; 2 — DIAPIR—E pontszerű mérések,  $U_T = 250\text{--}400\ \mu\text{V}$

Fig. 84. Error distribution of resistivity measurements

1 — values determined from the weighted average of the DIAPIR—18,  $U_T = 100\text{--}200\ \mu\text{V}$ ; 2 — DIAPIR—E point measurements,  $U_T = 250\text{--}400\ \mu\text{V}$

Рис. 84. Диаграмма распределения погрешностей при измерении сопротивлений

1 — значения, определенные по взвешенной средней аппаратуры ДИАПИР—18,  $U_T = 100\text{--}200\ \text{мкВ}$ ; 2 — поточечные измерения с аппаратурой ДИАПИР—Е,  $U_T = 250\text{--}400\ \text{мкВ}$



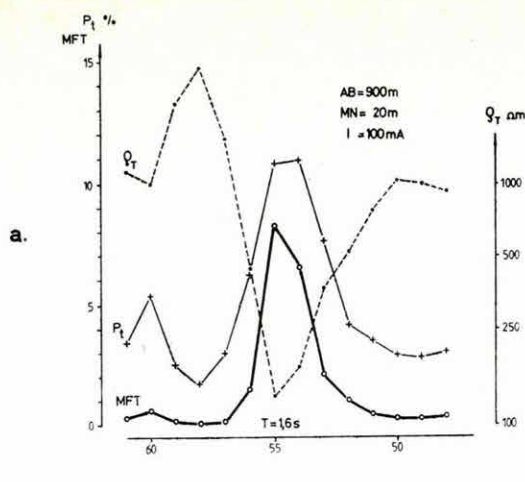


Fig. 85. Middle gradient profiling over a polymetallic vein

- a) Parameters determined from the middle gradient profiling  
b) geological cross section  
c) DINPOL diagram computed by KOMAROV's method

1 — ore body; 2 — epidote-garnet pyroxene skarn; 3 — skarnic gabbro; 4 — diorite; 5 — values determined using DIAPIR-18's own 200 W power supply unit; 6 — values computed from data of DIAPIR-18 with a GU—30 kW generator

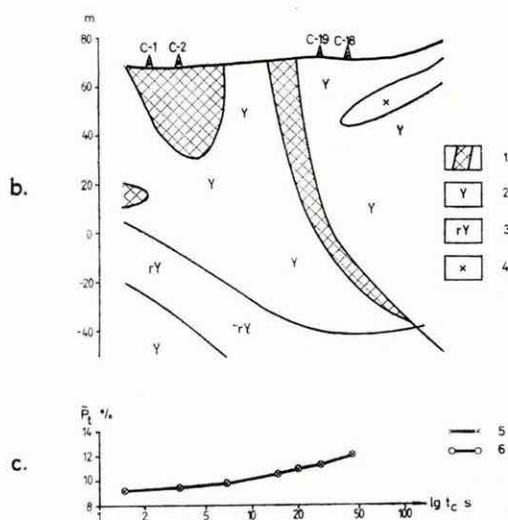


Рис. 85. Профилирование по среднему градиенту над полиметаллической жилой

- a) параметры, определенные по измерению среднего градиента  
b) геологический разрез  
c) диаграмма ДИНПОЛ по Комарову

1 — рудное тело; 2 — эпидотно-гранатный скарн с пироксеном; 3 — габбросо-скарном; 4 — диорит; 5 — значения, определенные с аппаратурой ДИАПИР-18 при использовании собственного источника питания в 200 Вт; 6 — результаты, вычисленные из значений, измеренных аппаратурой ДИАПИР-18 с генератором ГУ—30 кВт

# 85. ábra. Középgradiens szelvényezés egy polimetallikus ércfelület felett

- a) Középgradiens mérésből meghatározott paraméterek  
b) Földtani szelvény  
c) Komarov-féle DINPOL diagram

1 — ércstest; 2 — epidot-gránátos piroxénos szkar; 3 — szkaros gabbro; 4 — diorit; 5 — DIAPIR-18 saját 200 W-os tápegységével meghatározott értékek; 6 — DIAPIR-18 — GU—30 kW-os generátorral mért értékeiből számítva

## 2.3 MÉLYFÚRÁSI GEOFIZIKAI MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS

### 2.3.1 Nukleáris módszerfejlesztés\*

*Négycsoportos neutron diffúziós egyenletek megoldása különböző jellemző kifejlődésű széntelepekre*

1982-ben az ELTE Geofizikai Tanszékével együttműködve négycsoportos neutron diffúziós egyenletek felhasználásával hamutartalom—neutronfluxus elméleti görbeseregeket számítottunk ki pécsi feketeszénre, oroszslányi barnaszénre és visontai lignitekra.

Az elméleti számításokhoz a Szénkataszter (1980) adatai alapján szénmodelleket választottunk ki, amelyeknek összetétele és sűrűsége a IV. táblázatban látható. A szénmodellek három fő összetevője a tiszta szén (C), hamu (h) és a nedvesség (n). A neutronfluxusok számításához szükséges volt az előbbi három komponens pontos kémiai összetételének ismerete. Célszerűnek látszott a hamu összetételét rögzítettnek tekinteni, ilyenformán a szénmodellek változó paraméterei csökkentek és a számítások egyszerűbbek lettek. A hamu összetételének rögzítése azért is megengedett, mert a hamuban található elemek (Si, Al, Fe, Ca és Mg stb.) neutronokkal szemben mutatott sajátságai hasonlóak.

A vizsgálati anyag széntartalmát a szénmodellek ismert széntartalma alapján állapítottuk meg. Fő komponensek a C, H és O atomok. A többi elem közül a N mennyisége elhanyagolható, S pedig a hamu összetételében szerepel.

A 86. és 87. ábrán elméleti görbeseregek láthatók a pécsi feketeszénre és az oroszslányi barnaszénre (paraméter a fúrólyuk átmérő).

#### *Szénszonda módszertani bemérése*

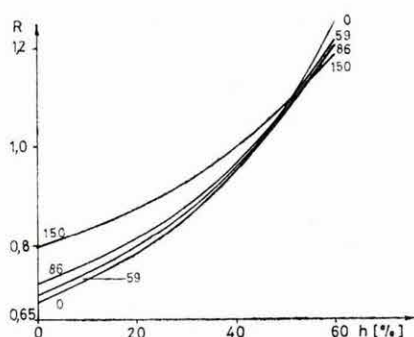
Az év során elkészült a KRGGC—2—80—60 sMY típusú szénszonda egydetektoros változata. Elvégeztük a mérőszonda bőségmérő egységének bemérését és a 150 mm-es és 214 mm-es etalonsorokban történő sűrűség-hitelesítést az iszaplepeny hatásának figyelembevételével. A két-pontos terepi hitelesítő etalon értékét beillesztettük a korrekciós diagramba.

\* Andrassy L., Baráth I., Dorkó R.

| Szénterület           | A szén összetétele, %             |  |                                    | Sűrűség<br>10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>          |                                  |      |
|-----------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|---|----------------------------------|------|
|                       | C                                 | H  | O                                  |   |                                  |      |
| Pécs                  | 87                                | 6  | 7                                  | 1,35  |                                  |      |
| Oroszlány             | 76                                | 6  | 18                                 | 1,33  |                                  |      |
| Visonta               | 65                                | 6  | 29                                 | 1,25  |                                  |      |
| A hamu<br>összetétele | SiO <sub>2</sub><br>kvarc<br>24,7 | Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub><br>kaolinit<br>52,4 | CaCO <sub>3</sub><br>kalcit<br>8,9 | CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub><br>dolomit<br>8,9 | FeS <sub>2</sub><br>pirit<br>5,1 | 2,74 |

|           | Széntartalom<br>(C) % | Hamutartalom<br>(h) % | Nedvességtartalom<br>(n) % |
|-----------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| Pécs      | 96,7—1,0415h          | $0 < h < 60$          | $3,3 + 0,0415h$            |
| Oroszlány | 80,7—0,9074h          | $0 < h < 60$          | $19,3 - 0,0926h$           |
| Visonta   | 48,3—0,6830h          | $0 < h < 60$          | $51,7 - 0,3170h$           |

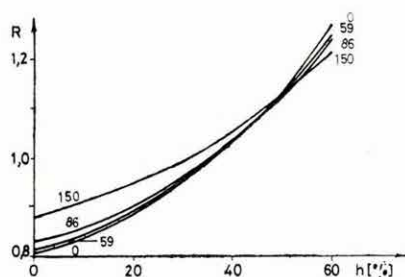
IV. táblázat. Elméleti számításoknál felhasznált összetétel- és minőségi paraméter- adatok néhány magyarországi szénterületre



Elméleti görbeseregek szén hamutartalmának meghatározására

86. ábra. Pécsi feketekőszénre

$R$  — a hosszú és rövid szonda fluxus- aránya;  $h$  — hamutartalom  
Sets of theoretical curves to determine the ash content of coals



87. ábra. Oroszlányi barnakőszénre

Fig. 86. For black coals of Pécs

Fig. 87. For brown coals of Oroszlány

$R$  — flux ratio of long and short sondes;  $h$  — ash content

Семейства теоретических кривых для определения зольности углей

Рис. 86. Для черного угля бассейна Печ

Рис. 87. Для бурого угля шахты Орослань

$R$  — отношение потоков длинного и короткого зондов  $h$  — зольность



*A természetes gamma sugárzás energiaszelektív mérései fűrőlyuk viszonyok között*

Megvizsgáltuk a fűrőlyuk hatását az egyes energia-ablakokban mért impulzusszámokra. Az alkalmazott energia ablakok a következők voltak:

1. ablak (K) : 1,34—1,57 MeV
2. ablak (U) : 1,60—2,03 MeV
3. ablak : 1,34—2,95 MeV
4. ablak (Th): 2,45—2,95 MeV

A megfelelő energia-ablakok esetében korrekciós összefüggéseket határoztunk meg, amelyek alapján figyelembe vehető a fűrőlyuk-átmérőnek és a fűrőlyuk által harántolt közeték sűrűségének hatása. Vizsgálataink során a fűrőlyuk által harántolt közeteket horizontálisan végtelen kiterjedésű hengernek tekintettük és a hengeren belül a radioaktív sugárforrás eloszlását egyenletesnek tételeztük fel. A henger tengelye azonos a fűrőlyuk tengelyével. Számításaiknál a következő, a nemzetközi szakirodalomból ismert összefüggést használtuk fel:

$$I = 2I_0 \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{r=R}^{\infty} \int_{z=0}^{Z/2} e^{-\mu \rho \sqrt{r^2 + z^2}} r \, d\varphi \, dr \, dz,$$

ahol:

$I$  — a radioaktív sugárzás intenzitása,

$I_0$  — a henger adott pontjában a radioaktív sugárzás intenzitása,

$R$  — a fűrőlyuk sugara,

$Z$  — a rétegvastagság,

$\rho$  — a sűrűség,

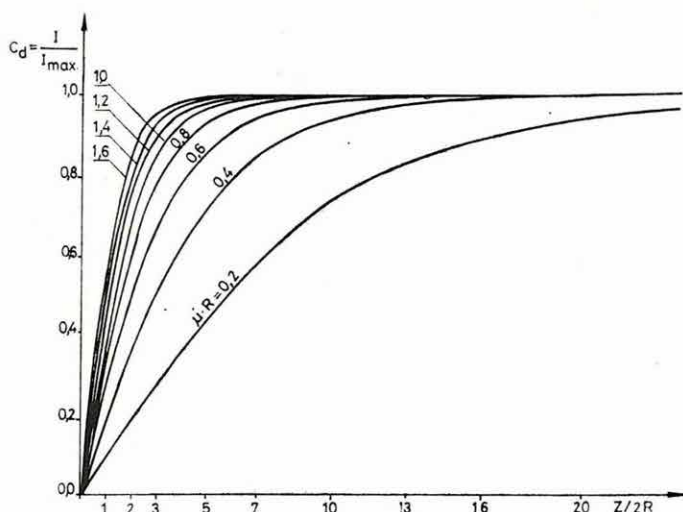
$\mu$  — a tömegabszorpciós együttható, amelynek a különböző energia ablakokban figyelembe vett értékei a következők:

1. ablak: 0,050 cm<sup>2</sup>/g
2. ablak: 0,046 cm<sup>2</sup>/g
3. ablak: 0,0447 cm<sup>2</sup>/g
4. ablak: 0,039 cm<sup>2</sup>/g

Vizsgálatainkat az ELGI modelltelepén végeztük. A rétegek átlagos térfogatsűrűsége:  $1,6 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. A modell adatainak ismeretében kiszámítottuk a fűrőlyuk átmérőre és a közetsűrűsége vonatkozó korrekciós faktorokat és a kapott értékeket diagrammokon ábrázoltuk. A 88. ábrán látható a természetes gamma spektrális szelvényezés átmérő-korrekciós diagramja. A görbesereg paramétere a  $\mu \cdot R$  érték. Ily módon a  $Z/2R$  és az  $\mu \cdot R$  érték ismeretében a  $C_d$  átmérő-korrekciós faktor a függőleges tengelyen leolvasható. A gamma—gamma mérés alapján meghatározott közetsűrűség ismeretében a megfelelő energia-ablakokra

vonatkozó  $C_e$  sűrűség-korrekciós faktor is meghatározható. Ezek után az alkalmazandó  $C$  korrekciós szorzó faktor a következő:

$$C = \frac{C_e}{C_d}$$



88. ábra. A természetes gamma spektrális szelvényezés átmérő-korrekciós diagramja

$Z$  — rétegvastagság;  $R$  — a fúróluk sugara;  $I$  — a radioaktív sugárzás intenzitása;  $I_{\max}$  — a végtelen vastag réteg intenzitása;  $C_d$  — átmérő korrekciós faktor;  $\mu$  — tömegabszorpciós együttható

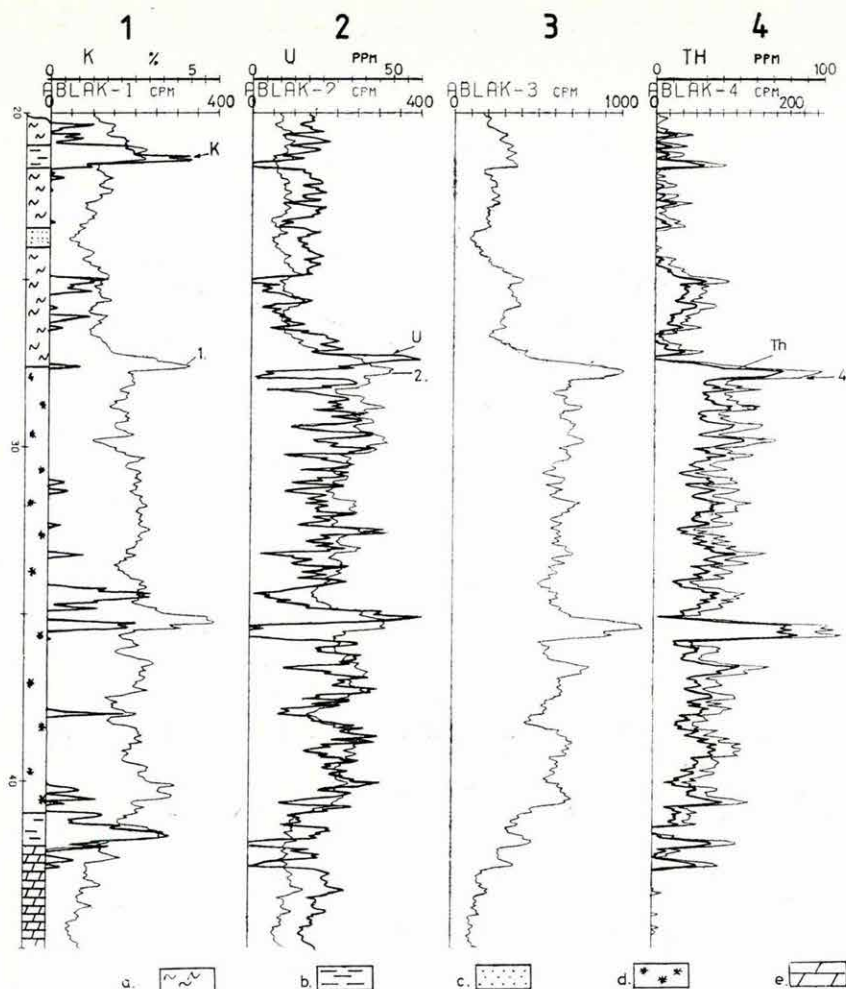
Fig. 88. Diameter correction diagram of gamma-ray spectral logging

$Z$  — bed thickness;  $R$  — borehole radius;  $I$  — intensity of radioactive radiation;  $I_{\max}$  — intensity of an infinitely thick bed;  $C_d$  — diameter correction factor;  $\mu$  — mass absorption coefficient

Рис. 88. Диаграмма для внесения поправок за диаметр в результаты спектрального измерения естественного гамма-излучения

$Z$  — мощность пласта;  $R$  — радиус скважины;  $I$  — интенсивность радиоактивного излучения;  $I_{\max}$  — интенсивность бесконечно мощного слоя;  $C_d$  — фактор поправки за диаметр;  $\mu$  — коэффициент массового поглощения

A rendelkezésünkre álló KRF—4—12 An felszíni egységből, valamint a KRGE—1—120—60 s energia szelektív szondából álló mérőberendezéssel néhány bauxitkutató fúrásban természetes gamma spektrális szelvényezést végeztünk. A fúrásban felvett szelvények alapján, amelyeket a  $C$  korrekciós faktossal korrigáltunk, a spektrum lefejtés (stripping) módszerét alkalmazva a fúróluk által harántolt kőzetek kálium- urán-, és tórium tartalmát kiszámítottuk. Példaként a 89. ábrán bemutatjuk a GF—2/3-as bauxitkutató fúrás feldolgozott anyagát. Az így kapott radioaktív anyagtartalmak a fúrómag min-



89. ábra. A GF—2/3 sz. bauxitkutató fúrásban felvett természetes gamma spektrális szelvény és az abból számított kálium, urán és tórium tartalom

1 — K-ablak és K%; 2 — U-ablak és U ppm; 3 — összbeütésszám cpm; 4 — Th-ablak és Th ppm; a — márga; b — agyag; c — homok; d — bauxit; e — dolomit

Fig. 89. Gamma-ray spectral log recorded in the bauxite exploration hole GF-2/3 with contents of potassium, uranium and thorium calculated from it

1 — K-window and K%; 2 — U-window and U ppm; 3 — total count cpm; 4 — Th-window and Th ppm; a — marl; b — clay; c — sand; d — bauxite; e — dolomite

Рис. 89. Спектральная диаграмма ГК, записанная в бокситовой скважине GF—2/3, и расчетные содержания калия, урана и тория

1 — окно К и К%; 2 — окно U и U ppm; 3 — суммарное число импульсов; 4 — окно Th и Th ppm; a — мергель; b — глина; c — песок; d — боксит; e — доломит



ták elemzési adataival jó egyezést mutattak. A Dresser Atlas Inc. által 1979-ben közzétett irodalmi adatok alapján bauxitokban vizsgáltuk a tórium tartalom és az alumínium-, illetve szilícium tartalom közötti kapcsolatot. A vizsgálat tárgyát a természetes-gamma spektrális szelvényezés alapján kapott tórium tartalom és a fúrómag minták elemzéséből számított P érték képezte:

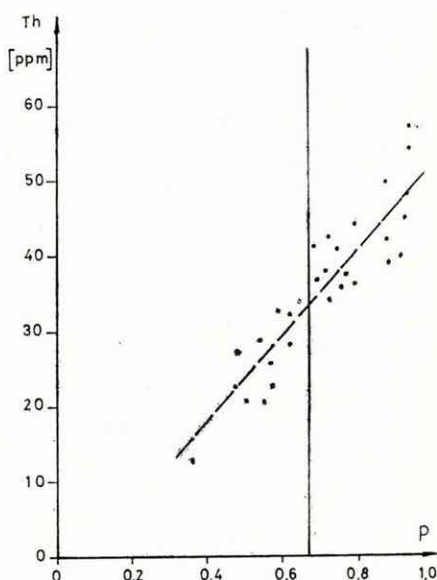
$$P = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + SiO_2}$$

A vizsgálat eredménye a 90. ábrán látható. A két mennyiség között a  $0,4 \leq P \leq 0,95$  intervallumban lineáris összefüggés tapasztalható. A korrelációs faktor értéke  $r = -0,9025$ .

90. ábra. A tóriumtartalom és a P érték közötti összefüggés

Fig. 90. Relationship between thorium content and the P value

Рис. 90. Зависимость значения P от содержания тория



### 2.3.2 Számítógépes kiértékelés\*

Elkészítettük a HP 9825A típusú számítógépre a COAL—1 automatikus programrendszert, szénkutató fúrások karotázs szelvényeinek feldolgozására. A feldolgozási folyamat az alábbi fő fázisokból áll:

#### a) Fúrómag-adattár feltöltése

A kutatási területen mélyített fúrások magmintáinak legfontosabb laboratóriumi paramétereit (minta helye, hamutartalom, fűtőérték, nedvességtartalom, karbontartalom, sűrűség, illóanyag stb.) a felvivő program billentyűzetről várja és mágneslemezen tárolja. Egy önálló program segítségével ebben a fázisban történik a kutatási területre jellemző, a fenti adatok közötti összefüggések felállítása.

\* Baráth I., Bihari L.-né, Mészáros F., Szalai M., Szegedi Sz.

#### b) Feldolgozandó szelvények előkészítése

Az előkészítés egyrészt magában foglalja az analóg szelvények digitalizálását, grafikus ellenőrzését, másrészt az analóg- és digitális felvételek (utóbbi kazettán) adattárba juttatását. Ebben a fázisban történik a fúrási állandók és különböző paraméterek gépbeadása is.

#### c) Feldolgozás

A kazettán egymás után következő file-okban tárolt feldolgozó programok az adattár-kezelő programok segítségével közvetlenül a mágneslemez adat-tárral bonyolítják le az információ cserét. A programrendszer a harántolt rétegsor agyagosságának jellemzésére az SP és a természetes-gamma szelvényekből kiszámítja az  $\alpha$  redukciós tényezőt és relatív gamma agyagindikátor szelvényeket. A szén minőségi jellemzőinek meghatározásához szükséges sűrűséget a gamma—gamma szelvényből, a porozitást pedig a neutron—neutron szelvényből határozza meg a program, mindkettőnél figyelembe véve a lyukátmérő értékét, mint torzító tényezőt. A szén minőségi paramétereinek számítása az a) fázisban meghatározott területi összefüggések segítségével történik. A harántolt rétegsor litológiai tagolására a rendszer egy statisztikus elven alapuló programot tartalmaz. Ez a program a területen előforduló rétegtípusokhoz — jellemző fizikai paramétereik, előfordulási valószínűségük és a karotázs indikációk szórásainak figyelembevételével — eredő valószínűséget határoz meg. A maximális valószínűség értékekhez rendelt rétegtípusok mélység szerinti eloszlása klasszikus litológiai tagolást tesz lehetővé. A korszerű követelményeknek megfelelően — különösen inhomogén kőzetformációk esetén — lehetőség van arra is, hogy mélységpontonként meghatározzuk az egyes kőzetösszetevők százalékos eloszlását (pl. agyag 80%, homok 20%).

#### d) Megjelenítés

A feldolgozás során szelvénytípusú és táblázatos jellegű eredmények keletkeznek. Példaképpen bemutatjuk a 91. ábrán az NHAZA—123 fúrás feldolgozása során nyert legfontosabb eredményszelvényeket (relatív-gamma, sűrűség, neutron porozitás, hamutartalom, fűtőérték, karbontartalom). Az V. táblázat a szóbanforgó fúrás kőszénes rétegeinek paramétereit mutatja be.

Az ismertetett feldolgozó rendszer automatikus, azaz az egyes programok

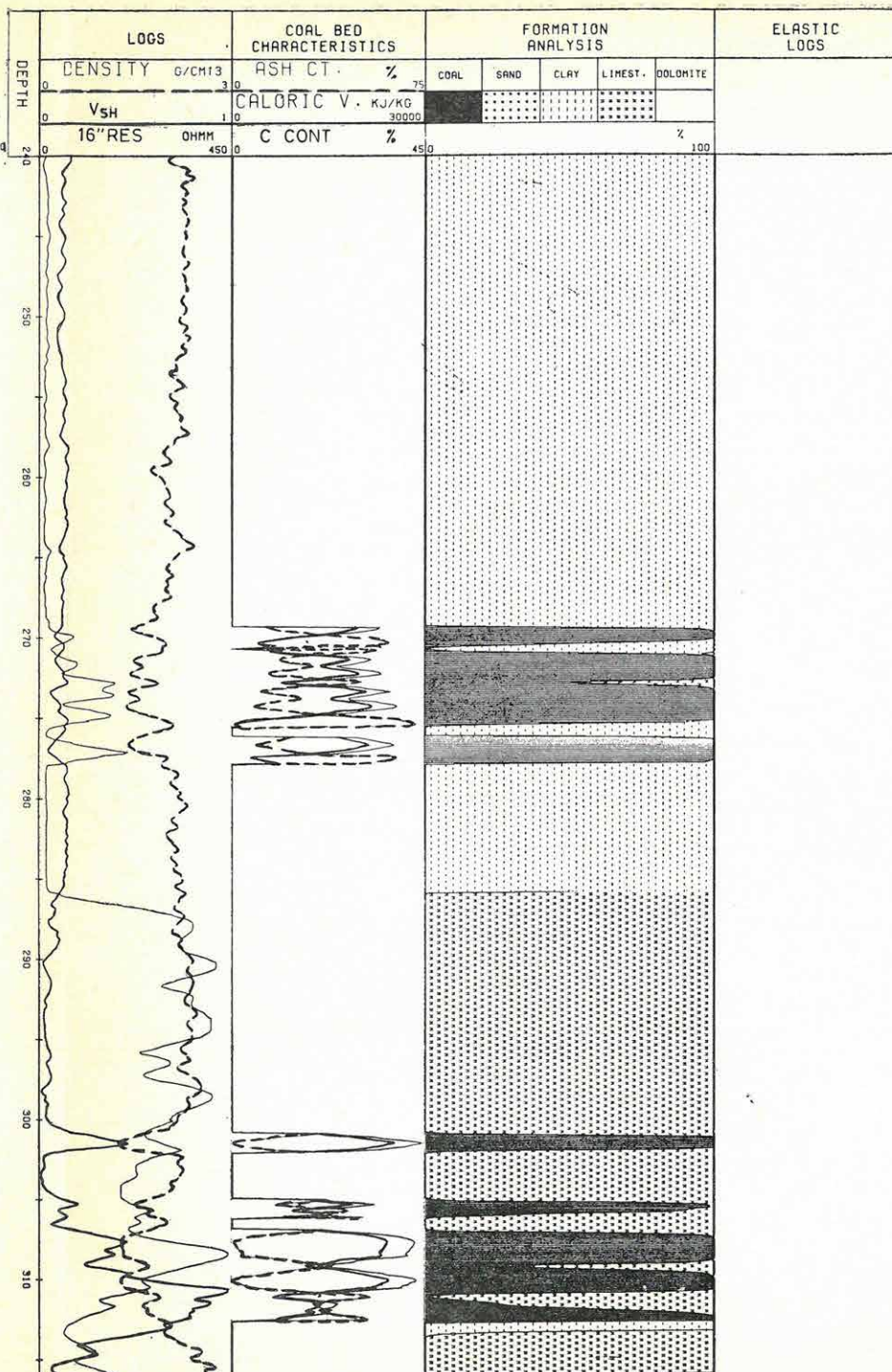
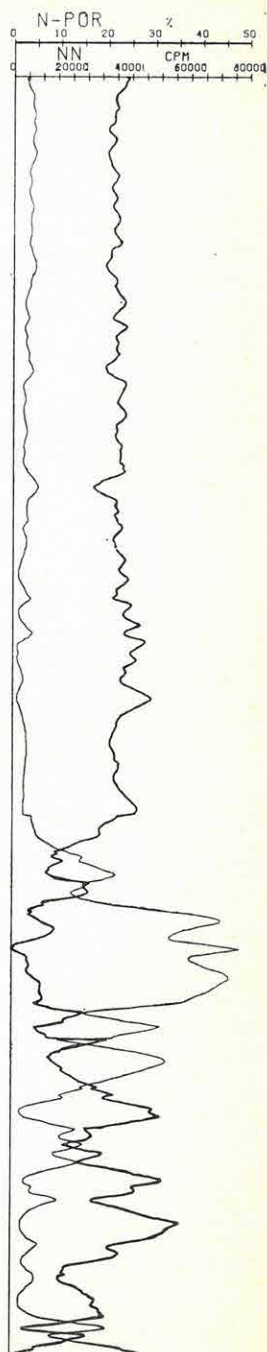
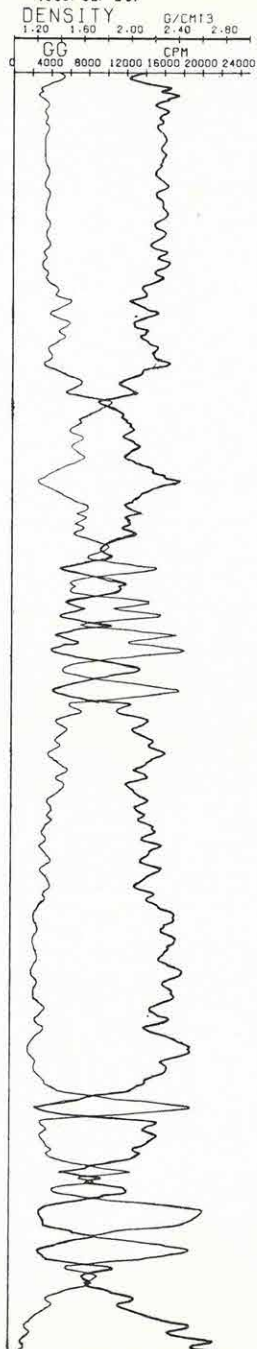
91. ábra. Egy nagygyházi fúrás kiértékelése COAL programmal

Fig. 91. Interpretation of a borehole at Nagygyháza with the COAL program

Рис. 91. Интерпретация данных бурения ок. с. Надъедьхаза при помощи программы соал



1983. 02. 26.





# PHYSICAL PARAMETERS OF COAL BEDS

BOREHOLE IDENTIFICATION: NHAZA-123

DATE OF MEASUREMENT: 1982. 02. 26.

BOTTOM DEPTH: 316M

TOP DEPTH 240M

| NO | LOWER B.<br>(M) | UPPER B.<br>(M) | BED TH.<br>(M) | DENSITY<br>(G/CM <sup>3</sup> ) | POROSITY<br>(%) | ASH CT.<br>(%) | CAL. V.<br>(KJ/KG) | MOISTURE<br>(%) | ALFA<br>COEFF. | RELATIVE<br>GAMMA |
|----|-----------------|-----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|
| 1. | 312.60          | 311.90          | 0.70           | 1.99                            | 17.33           | 62             | 3749               | 7               | 0.67           | 0.80              |
| 2. | 310.90          | 309.40          | 1.50           | 1.41                            | 18.50           | 13             | 19855              | 16              | 0.48           | 0.67              |
| 3. | 309.10          | 307.10          | 2.00           | 1.37                            | 30.22           | 10             | 20952              | 17              | 0.26           | 0.35              |
| 4. | 305.90          | 305.20          | 0.70           | 1.78                            | 32.01           | 45             | 9248               | 10              | 0.53           | 0.20              |
| 5. | 302.00          | 301.10          | 0.90           | 1.61                            | 31.58           | 30             | 14138              | 13              | 0.41           | 0.46              |
| 6. | 277.90          | 276.20          | 1.70           | 1.64                            | 26.58           | 33             | 13278              | 13              | 0.82           | 0.07              |
| 7. | 275.40          | 273.00          | 2.40           | 1.59                            | 25.36           | 28             | 14805              | 13              | 0.93           | 0.10              |
| 8. | 272.90          | 271.10          | 1.80           | 1.57                            | 24.65           | 27             | 15291              | 14              | 0.85           | 0.11              |
| 9. | 270.50          | 269.50          | 1.00           | 1.74                            | 23.31           | 42             | 10367              | 11              | 0.96           | 0.09              |

V. táblázat.

Table V.

Таблица V.

futásának befejezése után behívják a következő programot. Ugyanakkor lehetőség van feldolgozás közben a számítási folyamat megállítására, részeredmények hívására illetve szükség esetén paraméter módosításra is.

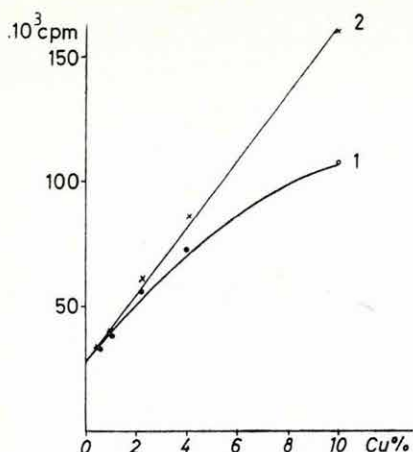
## 2.3.3 Terepi módszertani vizsgálatok

### Röntgenradiometrikus mérések\*

Több éve folyó Cu és Fe röntgenradiometrikus kutatás utolsó fázisaként vizsgálatokat végeztünk az eddigi eredmények pontosságának javítására.

A röntgenradiometrikus munkálatok során igen kis energiák (6–18 KeV) mérését kell megoldanunk. A kis energiák miatt az abszorpció rendkívüli mértékben befolyásolja a méréseket. Az érc tartalom kalibrációs görbéje az abszorpció miatt aránylag kis érc tartalomnál (cca. 2%) már jelentősen elhajlik az egyenestől és egyre laposabb lesz, azaz az érc tartalom növekedésével az impulzus szám nem nő arányosan (92. ábra).

\* Karas Gy., Szunyogh F.



92. ábra. A réztartalom kalibrációs görbéje

1 — korrekció nélkül; 2 — korrekcióval

Fig. 92. Calibration curve of copper content

1 — without correction; 2 — with correction

Рис. 92. Кривая градуирования по содержанию меди

1 — без поправки; 2 — с поправкой

A vizsgálatok arra irányultak, hogy a rugalmas szórás segítségével korrigálni tudjuk az ércet tartalmazó kőzetek abszorpciójának hatását. A korrigált röntgenradiometrikus sugárzás értékéből nagy érzékenységgel és pontossággal adható meg a kőzetek érc tartalma.

Az abszorpciót illetően itt is érvényes az

$$I = I_0 e^{-\mu d},$$

alakú összefüggés, ahol

$I$  — az abszorpció hatására csökkenő intenzitás,

$I_0$  — az eredeti intenzitás,

$\mu$  — a tömegabszorpciós koefficiens,

$d$  — az anyag vastagsága.

Mínél nagyobb a kőzet sűrűsége, annál nagyobb az abszorpció és ezzel arányosan nagyobb a tömegabszorpciós együttható is. Az abszorpció hatásának korrigálására a gerjesztő sugárforrás fotonjai kőzetben történő rugalmas szóródásának vizsgálatával nyílik mód. A gerjesztő sugárforrás (esetünkben  $\text{Pu}^{238}$ , energiája 12—18 KeV) fotonjai a kőzetbe hatolva gerjesztik a rézatomo-  
kat és természetesen szóródnak a kőzetben. A fotonok a szóródás során — a kőzet sűrűségétől függő arányban — visszajutnak a detektorba, és ott megszámlálhatók. A szórt sugárzás mérésével tehát számszerű adatot kapunk a kőzetek relatív sűrűségére, azaz az abszorpció mértékére.

Kézenfekvő, hogy amennyiben a kőzet ércet tartalmaz, akkor sűrűsége (átlagrendszáma) megnövekszik. Ekkor abszorpciója is nagyobb lesz, így kevesebb foton érkezik vissza a detektorba. Itt képezhetünk egy viszonyszámot a meddő és az ércet tartalmazó kőzet impulzusszámai között. Réztartalom esetén a gerjesztés következtében megjelenik a 8 KeV-es karakterisztikus sugárzás is.

Az abszorpció miatt kevesebb éri el a detektort, mint amennyi a gerjesztés során keletkezett. Mégpedig annyiszor kevesebb, mint ahányszor sűrűbb az ércet tartalmazó kőzet a meddőnél. Amennyiben tehát az előző viszonysszámmal megszorozzuk a réz-impulzusszámot, megkapjuk az abszorpció nélküli, réze jellemző beütésszámot.

Ezzel az eljárással az eddig elhajló kalibrációs görbe egyenessé alakul és a kiértékelés pontosabbá tehető. A méréseket Cu etalonokkal, spektrál üzemmódban végeztük, 2 csatornával. Az egyik csatorna a 7,5–9 KeV-ig, a másik a 12–18 KeV-ig terjedő energia intervallumot mérte. A mérések során igazolást nyert, hogy az abszorpció okozta hibát korrigálni lehet (lásd a 92. ábrán).

A bányaműszer kalibrálása után a további vizsgálatokat a recski bánya mélysztíjén telepített 5 db fúrásban végeztük. Öt fúrás közül kettő harántolt vasérces zónát. Ezekben a fúrásokban alkalmaztuk a korrekciós eljárást (93. ábra).

Az ismertetett korrekciós eljárás bevezetésével a Cu és Fe röntgenradiometrikus kutatási módszerét kidolgozottak tekintjük. A röntgenradiometrikus módszer alkalmazható más elemek kutatására is (Zn, Sb, Pb), de természetesen különböző karakterisztikus paraméterekkel.

### 93. ábra. Bányabeli fúrólukszelvények (1 és 2)

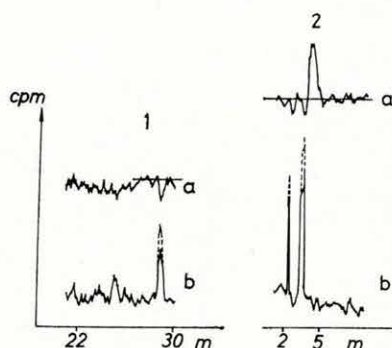
a — szórt sugárzás; b — karakterisztikus röntgensugárzás (korrigálással)

Fig. 93. Logs of boreholes in mines (1 and 2)

a — scattered radiation; b — characteristic X-ray radiation (with correction)

### Рис. 93. Диаграммы, полученные в шахтных скважинах (1 и 2)

a — рассеянное излучение, b — характеристическое рентгеновское излучение (с поправкой)



### Mágneses szuszeptibilitás mérések\*

Az előző években elkezdett rendszeres mágneses szuszeptibilitás méréseket folytattuk tovább 1982-ben. A felszíni fúrások vizsgálatát GM—250 típusú (mérési tartomány:  $10^{-6}$ – $10^{-1}$  SI rendszerben), a bányabeli fúrások mérésait GM—232 típusú (mérési tartomány:  $10^{-5}$ – $10^0$  SI rendszerben) csehszlovák gyártmányú szondákkal végeztük.

A mérések célja: országos adatgyűjtés, ill. a földtani—geofizikai értelmezési módszertan kidolgozása. A mérési anyag nagyobb része homokos—agyagos üledékes-, érces- és szenes területekről, ill. formációkból származik. Módszer-

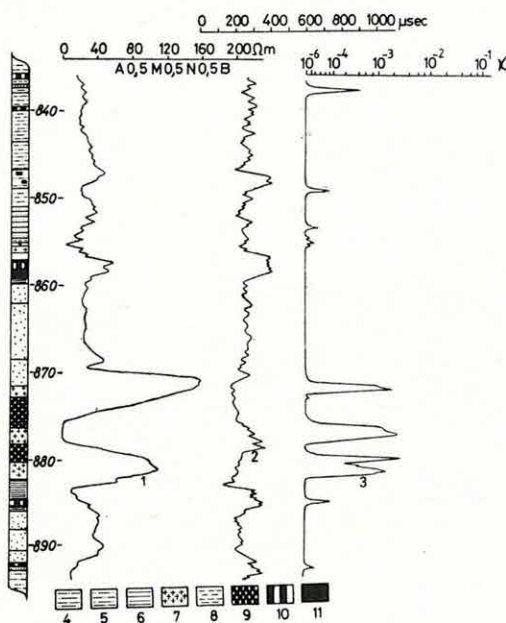
\* Karas Gy., ifj. Zilahi-Sebess L.



tani szempontból a legjelentősebb eredményeket a recski mélyszínten, a pécsi liász kőszén összletben és az üledékes területeken (Maros hordalékkúp, Rába terasz) kaptuk.

A recski eredmények jelentőségét az adja, hogy az adott ásványtársuláson belül legnagyobb mágnesezhetőséggel a magnetit, ill. pirrhotin rendelkezik, így ezek a szakaszok egyértelműen elkülöníthetők.

A pécsi szénterületen igen magas mágnesezhetőséggel jelentkezik a liász széntelepeket áttörő, alsó kréta korú trachidolerit telérek, s ez lehetővé teszi a kokszosodott összlet egyértelmű tagolását (94. ábra). A bányabeli fúrásokban végzett vizsgálatok eredményeként elkülöníthetők a telep meddővé vált szakaszai. Ez lehetőséget ad telepazonosításra is.



94. ábra. Váralja—24 fúrás szuszceptibilitás mérése

1 — ellenállás görbe; 2 — akusztikus görbe; 3 — mágneses szuszceptibilitás görbe; 4 — aleurit; 5 — aleurolit; 6 — agyagkő; 7 — trachidolerit; 8 — agyag; 9 — természetes koks; 10 — agyagos kőszén; 11 — kőszén

Fig. 94. Susceptibility logging in the borehole Váralja-24

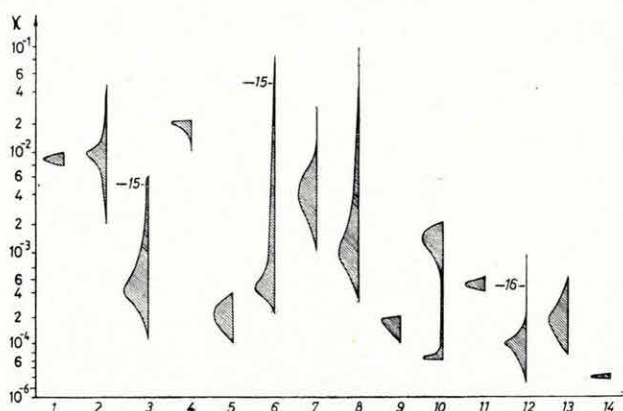
1 — resistivity; 2 — sonic; 3 — magnetic susceptibility; 4 — aleurite; 5 — aleurolite; 6 — mudstone; 7 — trachidolerite; 8 — clay; 9 — natural coke; 10 — coal with clay; 11 — coal

Рис. 94. Измерение восприимчивости в скважине Варалья—24

1 — кривая сопротивления; 2 — кривая акустического каротажа; 3 — кривая магнитной восприимчивости; 4 — алеurit; 5 — алевролит; 6 — уплотненная глина; 7 — трахидо-лерит; 8 — глина; 9 — естественный кокс; 10 — глинистый уголь; 11 — каменный уголь

Üledékes területen a homokokban levő nehézasvány-tartalom (főként magnetit) alapján következtetni lehet a lehordási területre, ill. jellemző szintek alapján a fácies viszonyokra.

Az eddig végzett mérések adatainak összesítéseként a 95. ábra közzétípusonként tünteti fel a jellemző szuszceptibilitás értékeket. Az eloszlás jellegű görbékéből a leggyakoribb értékek is kiolvashatók.



95. ábra. Szuszceptibilitás értékek összefoglalása

1 — trachidolerit; 2 — diorit; 3 — andezit; 4 — amfibolandezit; 5 — metasomatikus diorit; 6 — endoszkarn (andeziten); 7 — gránit; 8 — exoszkarn (mészkőben); 9 — agyag; 10 — homok; 11 — aleurit; 12 — szén; 13 — márga; 14 — mészkő; 15 — ércesedett zóna; 16 — pirites zóna

Fig. 95. Graph of susceptibility values

1 — trachidolerite; 2 — diorite; 3 — andesite; 4 — amphibole-andesite; 5 — metasomatic diorite; 6 — endoskarn (in andesite); 7 — granite; 8 — exoskarn (in limestone); 9 — clay; 10 — sand; 11 — aleurite; 12 — coal; 13 — marl; 14 — limestone; 15 — mineralized zone; 16 — pyrite zone

Рис. 95. Суммарные значения восприимчивости

1 — трахидолерит; 2 — диорит; 3 — андезит; 4 — амфибольный андезит; 5 — метасоматический диорит; 6 — эндоскарн (в андезите); 7 — гранит; 8 — экзоскарн (в известняке); 9 — глина; 10 — песок; 11 — алевроит; 12 — уголь; 13 — мергель; 14 — известняк; 15 — орудененная зона; 16 — пиритовая зона

### Gerjesztett potenciál mérések\*

A gerjesztett potenciállal kapcsolatos munkák három irányban folytak.

A) A fúrólukban mért lecsengő görbét az Intézetben kifejlesztett K—3000 típusú berendezéssel digitális formában, mágnesszalagon rögzítettük. A mintavételezési köz 10 ms, a gerjesztési és lecsengési idő 2,5 s volt. A kiértékelést HP 9825 típusú számítógéppel végeztük, a következő megfontolások alapján. Ide-

\* Dankházi Gy.

ális körülmények között az  $U(t)$  lecsengő görbe a következő kifejelesztéssel írható le:

$$U(t) = \sum_{i=0}^N U_i \exp - \frac{t}{\tau_i} + c,$$

ahol:

$U_i$  — az  $i$ -edik összetevő amplitúdója,

$\tau_i$  — az időállandó,

$N$  — az exponensek száma,

$c$  — az SP-ből és a remanens potenciálból összetevődő állandó.

A konstans torzító hatását a mérések során minden mérési periódus végén automatikus SP-kompenzációval csökkentettük. Az exponenciális összetevők meghatározásánál eltértünk a korábban alkalmazott módszerektől, (pl. ELGI 1976. Évi Jelentés) mivel a kőzetek polarizációját olyan dipólok okozzák, amelyek dipólmomentumai nagy szórást mutatnak. Így az előbbi képletben az exponensek száma ( $N$ ) igen megnőhetne, ezért a formula áttekinthetatlenné válna. Feltételezhető, hogy a dipólmomentumok egy adott érték köré csoportosulnak, ezért célszerű valószínűségszámítási módszert alkalmazni.

A lecsengő görbe kiválasztott szakaszának tetszés szerinti szélességű  $\Delta t_i$  intervallumához (ezek részben fedhetik egymást) hozzárendeltünk (a legkisebb négyzetek módszerével) egy-egy amplitúdót ( $A$ ) és időállandót ( $\tau$ ). Az amplitúdók és időállandók halmaza eloszlás függvényeket definiál, amelyet jelöljünk  $F(A)$ -val és  $F(\tau)$ -val. Az  $F(A)$  és  $F(\tau)$  eloszlás függvények ismeretében kiszámíthatjuk egy célszerűen (a szórástól függően) megválasztott  $\Delta A$  és  $\Delta \tau$  intervallumra az amplitúdók és időállandók előfordulásának valószínűségét. A  $K$ -adik intervallumra ezek a valószínűségek:

$$P_A[A_K \leq A < (A_K + \Delta A)] = F(A_{K+1}) - F(A_K),$$

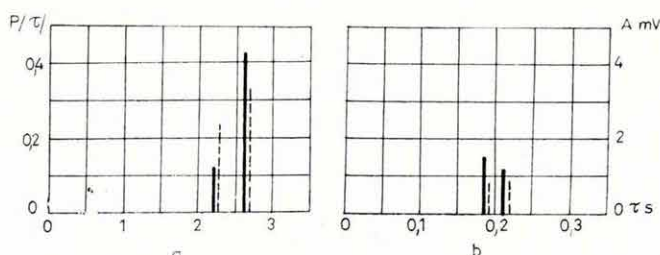
$$P_\tau[\tau_K \leq \tau < (\tau_K + \Delta \tau)] = F(\tau_{K+1}) - F(\tau_K).$$

A 96/a ábrán egy keveremesi fúrásban agyagos homokrétegben mért lecsengő görbe valószínűségi  $P(\tau)$  spektrumvonalait láthatjuk. Az egyes spektrumvonalakat a  $\tau_K$  időpillanatban kezdődő  $\Delta \tau$  időintervallum középértékéhez rendeltük. Szaggatott vonallal ábrázoltuk az amplitúdók átlagos értékeit. Feltételezhető volt, hogy a nagyobb időállandójú összetevő lefedi a kisebb időállandójú komponenseket, ezért a legvalószínűbb időállandóval és amplitúdóval generált exponenciális függvény értékeit mintavételezési pontonként levontuk a mért értékekből. Az így kapott lecsengő görbét ismét megvizsgáltuk és újabb, jól definiált spektrum vonalakat kaptunk (96/b ábra).

Eddig közel száz lecsengő görbét vizsgáltunk meg hasonló módon, amelyekből arra következtethetünk, hogy az agyagos homok és homok rétegekben két spektrumvonal határozottan felismerhető. Az egyik vonal a 30—300 ms idő-



állandó tartományba, a másik 0,8—6,0 s időállandó tartományba esik. Egyértelműen megállapítható volt, hogy a rétegek mélysége, kora, valamint az agyag %-os mennyisége jelentősen befolyásolja az időállandó és amplitúdók értékeit. A kísérleteket az eddig szerzett tapasztalatok felhasználásával, egy fejlesztés alatt álló mikroprocesszoros berendezéssel folytatjuk.



96. ábra. GP mérés időállandó-eloszlása

a — a lecsengő görbe spektrumvonalai; b — a redukált görbe spektrumvonalai

Fig. 96. Time constant distribution of IP logging

a — spectrum lines of the decay curve; b — spectrum lines of the reduced curve

Рис. 96. Распределение постоянных времени измерения ВП

a — спектральные линии кривой затухания; b — линии спектра редуцированной кривой

B) A folyamatos GP méréseket az Intézetben kifejlesztett műszerrel végeztük, amely 6 m/perc vontatási sebesség és 200 ms gerjesztési idő mellett folyamatosan határozza meg a következő mennyiséget:

$$\eta = \frac{1}{U_0} \int_{t_1}^{t_2} U(t) dt - c,$$

ahol:

$U_0$  — a gerjesztő áram kikapcsolása pillanatában mért gerjesztő feszültség,

$t_1$  — 20 ms

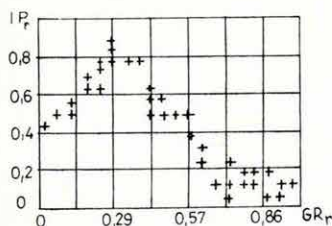
$t_2$  — 160 ms,

$U(t)$  — a lecsengő potenciál,

$c$  — az SP-ből és a remanens potenciálból származó additív tag, amelyet egy automatika folyamatosan kompenzál, a gerjesztő áram kikapcsolása után 180—220 ms időintervallumban.

A mérések kiértékelése során szerzett tapasztalatok szerint: érces fúrásokban a műszer jól detektálja az ércesedett zónákat, különösen a hintett ércesedést. Tiszta homokokban a GP érték növekedéséből a várható vízhozam csökkenésére lehet számítani. Jó vízáadó rétegekben a GP érték alig haladja meg az agyagban mért GP értéket. Az agyagos homokokban lényegesen bonyolultabb a helyzet, itt ugyanis az agyag fajtájától (montmorillonit, kaolin stb.)

függően 2—10% agyagtartalomnál maximális GP értéket kapunk. Ettől eltérő agyagtartalom mellett a GP érték csökken. Jól illusztrálja ezt a 97. ábra, amely egy természetes-gamma és GP crossplot-ot mutat be egy északdunántúli felső pannon homokos—agyagos összletre vonatkozóan. A crossplot készítésénél relatív értékeket használtunk fel.



97. ábra. GP—természetes gamma crossplot

Fig. 97. IP—gamma-ray crossplot

Рис. 97. Кроссплот ВП/ГК

C) A kísérleti eredmények értékeléséhez szükségesnek mutatkozott, hogy elméleti modellek alkalmazásával keressük a kapcsolatot a GP és a kőzetfizikai sajátságok között. Az ilyen irányú munkák jelenleg is folyamatban vannak, és céljuk az, hogy kvantitatív összefüggést találjanak elsősorban a vízádó, permeabilis rétegek fizikai sajátságai ( $R_w$ , felületi (zeta) potenciál, permeabilitás és agyagtartalom) és a gerjesztett potenciál között.

### 2.3.4 Műszerfejlesztés

#### Fotoregisztráló\*

A fotoregisztrálók elsősorban az olajiparban és az egyéb, költséges nyersanyagkutatásban megtartják létjogosultságukat a direktíró regisztrálókkal szemben, mivel mélységeltolódás nélkül végzik a sokcsatornás regisztrálást közös írásmezőn, és lehetővé teszik, hogy a regisztrátumra a valóságos mélységnek megfelelő mélységrasztott és mélységszám adatot ráfényképezzük.

Ezért az elmúlt évek során az ELGI a fotoregisztrálók több változatát dolgozta ki. E fejlesztés utolsó tagjaként 1982-ben az OKGT kívánságára a GAMMA MŰVEK-kel kötött szerződés alapján elkészült az AFR—224—12 típusú fotoregisztráló, amelynek fő jellemzői:

12 galvanométerrel egyidejűleg kilenc csatorna regisztrálásra alkalmas; a léptetőmotoros filmtovábbítás 6 mélységlépték (1/20—1/2000 között) nagy pontosságú beállítását teszi lehetővé; az írásmező a 223 mm széles filmen az API szabvány szerinti beosztású. Külön előnye a regisztrálónak — még az ismert külföldi fotoregisztrálókkal szemben is —, hogy egyrészt igen jó a dőlés- és

\* Jánosi L., Szalai J., Vándor J.

rázásállósága, másrészt a galvanométerek gyors működésűek, ezért gyors visszajátzások végezhetők mágnesszalagról, vagy speciális felvételek készíthetők, mint pl. akusztikus fáziskorrelációs diagram.

### *Komplex termelésirányító rendszer az MTA—1527—2000 Ipari Gyorselemző Automata alkalmazásával\**

A bauxitbányászat jelenlegi technikai színvonalán a minőség — az  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  arány — meghatározása nagy (24 órás) időkésséssel történik. Ezért szükség van olyan eljárásra, amely a termelés irányítását pontos és gyors információkkal látja el lehetőleg még a bauxitnak a bányából való kiszállítása előtt. A jelenlegi eljárások mellett ugyanis gyakran előfordul közvetlen feldolgozásra alkalmatlan érc (meddő) termelése, nagymértékű külszíni készletezése.

Az elmúlt évek kutató-fejlesztő tevékenysége során kialakított, bányabeli mérésekre alkalmas MTA—1527—2000 típusú berendezéssel lehetőség nyílik minőségorientált termelésirányításra. Műszerünkkel a bányában egy éve, három műszakban folyamatosan elemezzük a robbantó fúrásokból vett mintákat. Ezáltal a kitermelendő érc minőségére vonatkozóan kvantitatív adatok állnak rendelkezésre.

Az adatoknak a diszpécserközpontba juttatására speciális feladó- és fogadó rendszert terveztünk és építettünk. Ily módon a mérési eredmények a diszpécserközpontban is megjelennek, lehetőséget adva arra, hogy a különböző termelő helyeken elhelyezett berendezések adatainak egyidejű gyűjtése, értékelése és tárolása segítségével a mindenkor napra kész optimális termelési stratégia kialakítható legyen.

A különböző termelési helyeken meghatározott  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  és  $\text{CaO}$  tartalom, valamint az időegységre vonatkozó termelt mennyiség ismeretében rögzíthető az egyes munkacsapatok termelésére vonatkozó igény oly módon, hogy a bányából kiszállításra kerülő érc átlagos minősége előre meghatározott, konstans érték legyen; minimalizált termelési, szállítási, és készletezési költségek mellett.

A komplex rendszer előnyei:

- nincs szükség nagy méretű felszíni keverő ill. tárolótérre a kívánt minőség biztosításához,
- megvalósítható a szállító szalagrendszer optimalizált (minimális energiájú és költségű) üzemeltetése,
- a meddő kiszállítása megszüntethető és a letermelt munkahelyeken tömédékelésre használható,
- átlagosnál jobb minőségű érc kitermelése esetén gyengébb minőségű érc hozzáadásával átlagos minőség biztosítható.

\* Renner J., Siklós A.





### 3 FÖLDFIZIKAI KUTATÁS





A Tihanyi Observatóriumban az előző évek gyakorlatának megfelelően folytatódott a földmágneses elemek abszolút értékének meghatározása és időbeli változásuk regisztrálása.

A regisztrátumok feldolgozásából nyert adatokat folyamatosan megküldtük a hazai felhasználóknak és a nemzetközi adatbankoknak.

Az Observatórium földmágneses alapszintjének ellenőrzése céljából az év folyamán összehasonlító méréseket végeztünk a Niemegki Observatóriumban (NDK). A Hurbanovói Observatórium (Csehszlovákia) munkatársai hasonló méréseket végeztek a Tihanyi Observatóriumban.

Befejeződött az országos mágneses alaphálózatnak (1980,0 epochára vonatkozó) végleges feldolgozása, melynek során meghatároztuk a totális térerősség, a horizontális, a vertikális komponens és a deklináció normálterét leíró másod- és harmadfokú függvények együtthatóit. Példaként bemutatjuk a totális térerősség normálterének izovonalas térképét (98. ábra).

A Tihanyi Observatóriumban hosszú éveken keresztül működtetett digitális mágneses regisztráló rendszer sok hasznos tapasztalatot szolgáltatott. Ezen tapasztalatok birtokában kezdtünk hozzá a Budapesti Műszaki Egyetem Mikrohullámú Híradástechnikai Tanszékével közösen a regisztráló rendszer elavult és elhasználódott adatgyűjtő egységének áttervezéséhez. Célunk egy olyan, speciális adatgyűjtő egység létrehozása volt, amely nagy megbízhatósággal, hosszú időn keresztül tudja rögzíteni a földmágneses tér totális értékeit és komponenseit a lassú variációs tartományban, lehetőleg minél kevesebb felügyeletet kíván és minél több olyan adatot szolgáltat, melyet a földmágneses observatóriumok mérnek, illetve a mért adatokból előállítanak.

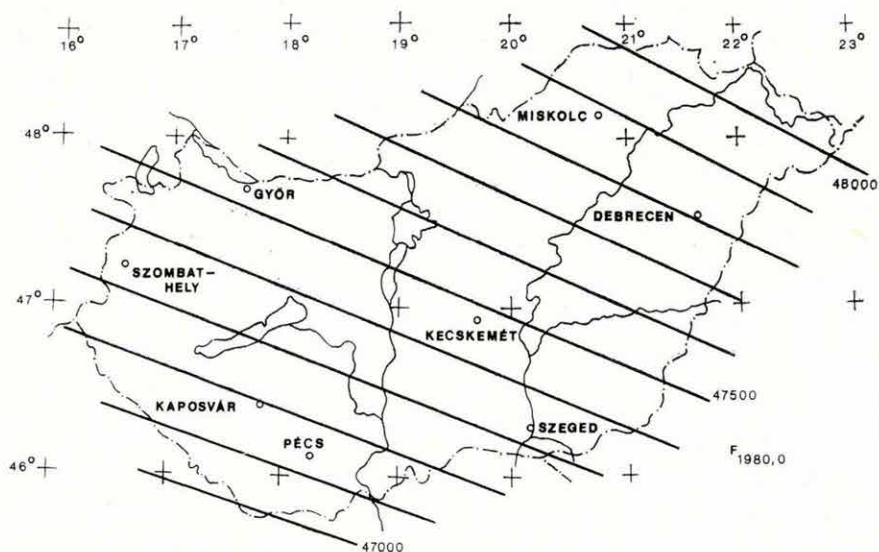
A fenti célok figyelembevételével megtervezett rendszer, melynek blokkvázlata a 99. ábrán látható, következő főbb jellemzőkkel rendelkezik:

- 10 másodpercenként méri a feszített szálal, elektromos kimenetű variométerekről (MTV—2) érkező, a három komponens változásával arányos jelet, valamint a regisztráló ház hőmérsékletét;

\* Hegyemei L., Körmendi A., Lomniczi T., Szabó Z.

- ugyancsak 10 másodpercenként lehívja a proton-magnetométer által mért értékeket;
- a mérési adatokat percenként átlagolja és az eredményt a hozzá kapcsolt digitális, kazettás magnetofonon rögzíti;
- folyamatosan figyeli a bemenő adatokat és rendellenesség esetén riasztást ad;
- valamely — a kezelő által előre meghatározott — mágneses térváltozás (mágneses vihar) fellépése esetén egy második digitális magnetofonon gyorsregisztrálást indít és végez mindaddig, míg a kezelő a gyorsregisztrálást le nem állítja.

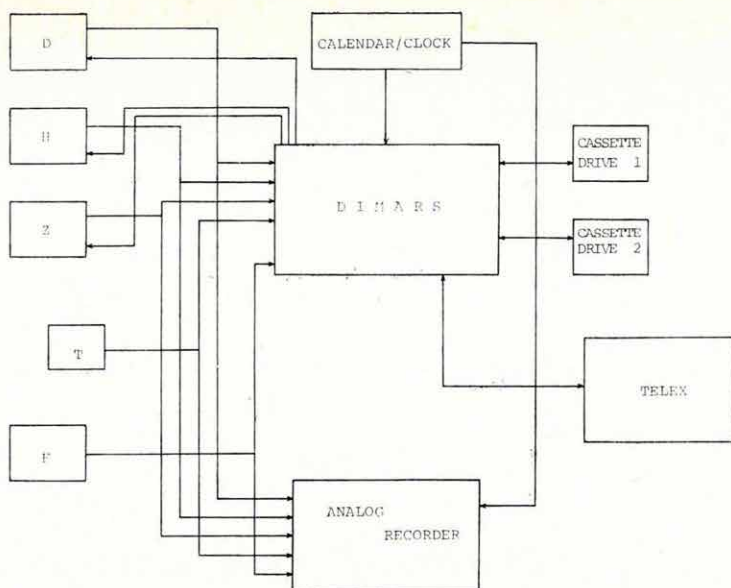
A fenti alapvető funkciók mellett a készülék látja el azoknak a feladatoknak egy részét, amelyet szokás szerint az obszervatóriumok személyzete végez el a regisztrátumok feldolgozása során. Így például terepi mérőcsoportok számára egy tetszőleges időponttól kezdve, tíz percenként kigyűjti a térjellemzőket. Ezeket az adatokat a készülék belső memóriájában tárolja és kezelői utasításra kiírja, illetve telexen lyukszalagot készít. Ugyancsak kigyűjti és tárolja egy hónapon keresztül a napi maximumok és minimumok értékét minden komponensre, a hozzá tartozó időadatokkal együtt. Kiszámítja az óraátlag- és a napi átlagértékeket. Ezeket is tárolja egy hónapon keresztül és a kezelő parancsára kiírja vagy mágnesszalagra rögzíti a hónap végén.



98. ábra. A földmágneses tér totális térerőssége normálterének az 1980,0 epochára vonatkozó izovonalas térképe

Fig. 98. Contour map of the normal geomagnetic field (epoch 1980.0)

Рис. 98. Карта изолиний нормального поля полной интенсивности геомагнитного поля для эпохи 1980, 0



99. ábra. A digitális mágneses regisztráló rendszer (DIMARS) blokkvázlata

Fig. 99. Block-diagram of the digital magnetic recording system (DIMARS)

Рис. 99. Блок-схема цифровой магнитной-регистрирующей системы (ДИ-МАРШ)

A regisztráló rendszer úgy készült, hogy a kezelő 48 óránként a magnókazetát kicserélje. Ilyenkor egy billentyűzet segítségével a berendezés működését ellenőrizheti, különböző tesztek végezhet el rajta és egyes jellemzőit megváltoztathatja, programozhatja.

Nagyobb kapacitású adatrögzítő csatlakoztatása esetén az ellenőrzés, a programozás a terepi korrekciós adatok és az átlagértékek lehívása a berendezéshez kapcsolt telex segítségével a működési helytől távol is elvégezhető. A közvetlen mérési adatok nem kérhetők a telexre, de nincs elvi akadálya annak, hogy ezeket az adatokat is a memóriájában tárolja, és szükség esetén bárhová továbbítsa. Ilyen esetben nincs szükség a készülék helyszíni felügyeletére, kezelése és az adatok lehívása távolból is megtörténhet.

Az ionoszféra—magnetoszféra kutatás terén folytatódott a whistlerek analóg regisztrálása és az adatok feldolgozása. Elkészült az automatikus whistler detektáló- és előfeldolgozó berendezés jelfelismerő egysége. Jelenlegi állapotában az emberi füllel érzékelhető whistlereket 80%-os biztonsággal felismeri és a bejövő jeleket digitális formában regisztrálja.



Geodinamikai vizsgálataink keretében Tihanyban befejeződtek a Darmstadti Műszaki Egyetem LCR ET—16 regisztráló graviméterével végzett észlelések. Az együttműködés során közel két és fél év hosszúságú, egybefüggő és jó minőségű adatsort sikerült regisztrálnunk. A mérések feldolgozása folyamatban van.

A budapesti geodinamikai állomáson (Mátyás-hegy) folytattuk az árapály függőleges- és horizontális komponensének regisztrálását, valamint az extenzométeres észleléseket. Az extenzométeres megfigyelések feldolgozása alapján  $30 \mu\text{m}/\text{év}$  hosszú periódusú változást kaptunk. Tekintettel arra, hogy az ilyen nagyságrendű elmozdulásokat általában nem műszerjárással, hanem a műszer környezetében lezajló mozgásokkal hozzák kapcsolatba, megkíséreltük ennek az értéknek földfizikai értelmezését. A mi esetünkben kapott  $30 \mu\text{m}/21 \text{ m} = 1,5 \cdot 10^{-6}$  relatív évi változást összehasonlítottuk más állomások adataival. Megállapítottuk, hogy az extenzométerek típusától, azimutjától és tektonikai helyzetétől függetlenül szinte mindenhol a mienkéhez hasonló értékek adódnak, ami azt jelenti, hogy a horizontális kéregmozgások nagyságrendje  $0,01 \text{ mm}/\text{év}$ . Elméletileg a deformációk alapján a feszültségek, pontosabban a feszültségváltozások is becsülhetők. A  $10^{-6}/\text{év}$  relatív elmozdulásokat elfogadva,  $10^5 \text{ N}/\text{m}^2/\text{év}$  rugalmas feszültségváltozás adódik. Ez az érték azonban túl nagy. Példaként: az erős földrengések során tapasztalt feszültségesések értéke  $10^6 \text{ N}/\text{m}^2$ , vagy az árapály hullámok esetében  $10^3 \text{ N}/\text{m}^2$  adódik (holott a modellszámítások alapján ekkora luniszoláris feszültséggel csak a köpeny középső részein számolhatunk). Minden valószínűség szerint a deformáció általunk megfigyelt változásai az ilyen nagy mélységekben lejátszódó folyamatokhoz kapcsolódnak.

Vizsgálatokat végeztünk arra vonatkozóan is, hogy a meteorológiai és hidrológiai jelenségek által okozott feszültségek kapcsolatba hozhatók-e a földrengésekkel. Ezek a külső hatások a földrengések kipattanását akkor tudják befolyásolni — minden más tektonikai előfeltétel megléte mellett — ha megfelelően nagy feszültségváltozást tudnak létrehozni a felszínen vagy annak közelében, és a feszültségeknek a felszín mentén laterális gradiensük is van.

---

\* Varga P.

A lehetséges legnagyobb rugalmas feszültség értéke  $10^7 \text{ N/m}^2$ . Ennél nagyobb feszültség hatására már rugalmatlan változások lépnek fel. Valószínű, hogy ezzel magyarázható, hogy a geoid unduláció nem nagyobb 100 m-nél, mert az ilyen anomáliák talpánál  $10^7 \text{ N/m}^2$ -t meghaladó feszültség jön létre, ami viszkózus anyagáramlást vált ki és az anomália aljáról anyag áramlik el a kisebb nyomású helyek felé.

A földárapály okozta feszültség nagy mélységekben éri csak el a  $10^3 \text{ N/m}^2$  értéket. A felszínen a földárapály nem hoz létre normális és horizontális valamint nyírási feszültségeket. Ezért a földárapály földrengést kiváltó hatásáról aligha beszélhetünk. Ennek ellenére számos szerző publikált olyan statisztikai vizsgálati eredményeket, melyek azt mutatják, hogy a rezgések kipattanása és az árapálypotenciál változása kapcsolatot mutatnak. Ennek a jelenségnek az oka, hogy az óceáni árapály indirekt — a földfelszínt terhelő — hatására a partvidékeken  $10^4$ – $10^5 \text{ N/m}^2$  nagyságú nyírási feszültségek lépnek fel, melyek a parttól a szárazföld belseje felé távolodva gyorsan csökkennek. Az óceáni terhelés következtében a Föld felszínén fellépő feszültségek kedvező tektonikai feltételek esetén befolyásolhatják a rengések kipattanásának időpontját.

A barometrikus változások hatása is meghaladja a földárapály hatását.  $10^3 \text{ N/m}^2$ -nél nagyobb feszültségek keletkezhetnek és jelentős laterális légnyomás gradiens esetén hatással lehetnek a rengésekre.

A víztárolók mélysége sokszor meghaladja a 100 m-t. A feltöltéskor keletkező feszültségek — töréses földtani szerkezet esetén — már önmagukban is elegendők egy földrengés kiváltásához.

A fenti terhelés számításokhoz végzett modellkísérletek a Gutenberg—Bullen *A* modellen alapulnak. A terhelések okozta feszültségeket Molodenszkij elméletét felhasználva számítottuk. A modell vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a külső terhelések csak a sekély mélységű földrengésekre lehetnek hatással. A feszültségek létrejöttéhez szükséges, hogy a terhelt terület mérete meghaladjon egy kritikus ( $0,25$ – $0,7 \text{ km}^2$ ) értéket. A külső terhelésnek kitett terület szélén a feszültség meredeken esik, tehát ezen a részen vannak jelen a legnagyobb nyírási feszültségek és ezeken a helyeken, illetve a velük összeköttetésben levő törésvonalak mentén érvényesülhet elsősorban a felszíni terhelések hatása a földrengések kipattanására.

#### *A földtani alapszelvények paleomágneses vizsgálata*

A téma keretében három kérdéscsoportot vizsgáltunk:

- A) Folytattuk a felsőörsi Malomvölgy középső triász alapszelvényének 1981-ben megkezdett vizsgálatát. Az 1981-es évben a szelvény páratlan-, 1982-ben a páros rétegek jellemző remanens mágnesezettségének polaritását kíséreltük meghatározni. A páros rétegekből 2—3 mintát vettünk rétegenként, hogy lássuk az egy-egy rétegen belüli irány- és esetleges polaritás-különbséget. A szelvény mintázható szakaszaira közelítő polaritás-skálát határoztuk meg (100. ábra). A polaritás-skála teljessé tételéhez a hiányzó szakaszokból is mintákat kell venni.
- B) A Balaton-felvidéki vörös homokkővek következő feltárásait vizsgáltuk:
- Balatonalmádi, Vadvirág utca, alapszelvényfeltárás: finomszemcséjű vörös homokkő és fehér triász mészkő (dőlés: 310/41);
  - Balatonalmádi, kőfejtő: vörös homokkő (dőlés: 278/22);
  - Balatonarács, alapszelvény-feltárás vasúti bevágásban: finomszemcséjű vörös homokkő (dőlés: 228/37,5);
  - Balatonfüred, feltárás a hajógyárral szemben: finom szemcséjű vörös homokkő (dőlés: 240/56);
  - Kővágóörs: vörös homokkő közvetlenül a triász konglomerátum alatt (dőlés: 314/23).

A jellemző mágnesezettség irányai az egyes mintacsoportokra a következők: tektonikai korrekció előtt

tektonikai korrekció után

|  |  |
|--|--|
| a) $N=18$ $D=323^\circ$ $I=49^\circ$ $k=21$ $\alpha_{95}=7,8^\circ$  | $D=319^\circ$ $I=9^\circ$ $k=21$ $\alpha_{95}=7,8^\circ$   |
| b) nincs jellemző mágnesezettség                                     | —  |
| c) $N=16$ $D=316^\circ$ $I=46^\circ$ $k=12$ $\alpha_{95}=10,9^\circ$ | $D=285^\circ$ $I=34^\circ$ $k=12$ $\alpha_{95}=10,9^\circ$ |
| d) $N=9$ $D=308^\circ$ $I=29^\circ$ $k=15$ $\alpha_{95}=13,8^\circ$  | $D=295^\circ$ $I=0^\circ$ $k=15$ $\alpha_{95}=13,8^\circ$  |
| e) $N=99$ $D=317^\circ$ $I=52^\circ$ $k=16$ $\alpha_{95}=13,4^\circ$ | $D=316^\circ$ $I=29^\circ$ $k=16$ $\alpha_{95}=13,4^\circ$ |

\* Mártonné Szalay E.



Az a), c), d), e) jellemző mágnesettséggel rendelkező mintacsoportok közép-irányából újabb középirányt számoltunk tektonikai korrekció előtt és után is:

tektonikai korrekció előtt

tektonikai korrekció után

$N=4$   $D=316^\circ$   $I=44^\circ$   $k=51$   $\alpha_{95}=13^\circ$

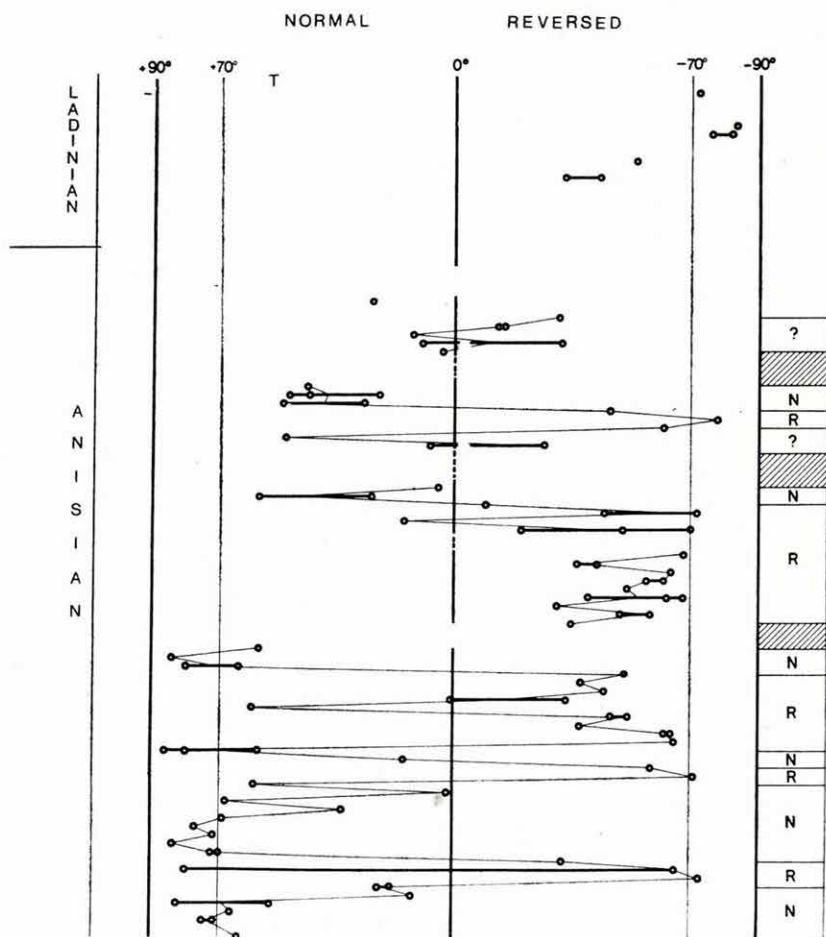
$D=304^\circ$   $I=18^\circ$   $k=13$   $\alpha_{95}=26^\circ$

ahol:  $D$  = közepes deklináció,

$k$  és  $\alpha_{95}$  = statisztikus paraméterek,

$I$  = közepes inklináció,

$N$  = a minták száma.



100. ábra. A látszólagos földmágneses pólus (VGP) szélességének változása és a polaritás-zónák (Felsőörs, Malomvallei)

Fig. 100. Variations in the latitude of the apparent geomagnetic pole (VGP) and polarity zones (Felsőörs, Malomvölgy)

Рис. 100. Изменение широты кажущегося геомагнитного полюса (VGP) и зоны полярности (с. Фелшёэрс, гогина Малом)

A statisztikus paraméterek a rétegek vízszintesre állítása után (tektonikai korrekció után) romlanak. Ez a jelenség arra utal, hogy a kőzetek mágnesezettségüket már a jelenlegi tektonikai helyzetükben nyerték. További feltárások anyagának feldolgozására van szükség annak eldöntésére, hogy a balaton-felvidéki vörös homokkővek mindegyikének (vagy csak némelyikének) a mágnesezettsége gyűrődés után keletkezett-e.

C) Úrkút és Városlőd környékén jura és kréta mészkövet vizsgáltunk. Célunk annak eldöntése volt, hogy az eltérő irányú szerkezeti tengelyekkel (É—D ill. ÉK—DNy) jellemzett egységek csapásirány eltérését okozhatják-e az alsó kréta utáni tektonikai mozgások.

A mintavételi helyek a következők:

- a) Úrkút, mangánbánya 3. akna, nyugati irányvágat: dogger szürke mészkő, a mangánösszlet fekéje. 10 minta, É—D-i szerkezet;
- b) Városlőd, Gombáspusztá: vékonypados fehér mészkő, szintjelző ősmaradvány nélkül, alatta megvan a bajóci, ezért bathnak gondolják. 6 minta, É—D-i szerkezet;
- c) Városlőd, Gombáspusztá, vasúti bevágás: világosszürke dogger mészkő. 5 minta, ÉK—DNy-i szerkezet;
- d) Úrkút, Csingervölgy: gyüredezett, világos dogger mészkő. 4 minta, É—D-i szerkezet;
- e) Úrkút: albai rózsaszínű, repedezett, vastagpados mészkő. 10 minta, É—D-i szerkezet.

Jellemző mágnesezettsége az a), b) és e) csoportnak van.

Az 1982-ben végzett vizsgálatokból megállapíthatjuk, hogy az É—D-i és ÉK—DNy-i tengelyű szerkezetekből származó mintacsoportok mágneses irányai között szignifikáns eltérés nincs, de az eredményt adó mintavételi helyek kis száma végleges következtetésre nem jogosít.

#### *A bauxitok és mellékközeik paleomágneses vizsgálata*

A téma keretében folytattuk a gánti és a szőci bauxitterület 1981-ben megkezdett vizsgálatát.

A) Szőcön a vas dúsulásával jellemzett vörös zóna alatti és feletti bauxitból, magából a vasas zónából és a fedő eocén mészkőből gyűjtöttünk mintákat. A fedő eocén mészkő az eddigiekhez hasonlóan most sem mutatott jellemző mágnesezettséget. A vasas zóna mágneses iránya a mai térben történt teljes átmágneseződést jelez. A vasas zóna alatti bauxit jellemző mágnesezettségének iránya:

$$D=114,2^{\circ} \quad I=-23,4^{\circ} \quad k=9 \quad \alpha_{95}=19,3^{\circ} \quad N=8.$$

A vasas zóna feletti bauxitnak nincs jellemző mágnesezettsége.

A mágnesezettséget hordozó ásványok mágneses vizsgálatából, valamint a természetes remanens mágnesezettség analíziséből kitűnik, hogy a bauxit mágnesezettsége mindkét szempontból komplex. A minták mágnesezettségét tovább tisztítani nem lehet. Az irányhoz tartozó statisztikus paraméterek javítását csak a megvizsgált minták számának növelésétől remélhetjük.

B) A gánti bauxitról a fentiekhez hasonló megállapításokat tehetünk. A jellemző mágnesezettség iránya:

$$D = 112,9 \quad I = -36,8 \quad k = 9 \quad \alpha_{95} = 17,1 \quad N = 10.$$

A gánti fedő szürke márga mágnesezettsége igen jól definiált (földtani kora viszont bizonytalan):

$$D = 109,0^\circ \quad I = -57,4^\circ \quad k = 101 \quad \alpha_{95} = 4,6^\circ \quad N = 11.$$

A fedő eocén mészkő továbbra sem mutat jellemző mágnesezettséget.

### *Paleomágneses kutatás a Velencei-hegységben*

A Velencei-hegység összes — paleomágneses mintavételre alkalmas — andezitfeltárásának vizsgálatát befejeztük.

Az andezitek eredeti mágnesezettségét a mai térben utólagosan felvett mágnesezettség teljesen elfedte. Ez az utólagos mágnesezettség 31,83 A/m (400 m Oersted) váltóterű lemágnesezéssel, illetve 400 C°-os termolemágnesezéssel teljesen eltávolítható (101. ábra).

8 mintavételi hely alapján az andezitvulkanizmus idején uralkodó mágneses tér iránya:

$$D = 153^\circ \quad I = -45^\circ \quad k = 28 \quad \alpha_{95} = 10,6^\circ \quad N = 8.$$

Minden andezittest mágnesezettsége fordított polaritású.

A megvizsgált gránitok nagy része az andezitvulkanizmus idején teljesen vagy részben átmágneseződött. Önálló mágnesezettsége öt gránitfeltárás anyagának van (Rigóhegyi bánya: alapgránit, Olasz kőfejtő, Hurkavölgy, Retezi alsó kőfejtő, Karácsonyhegyi kőfejtő), amelyek mintáiból a jellemző mágnesezettség iránya (a mágnesezettség felső karbon korú lehet):

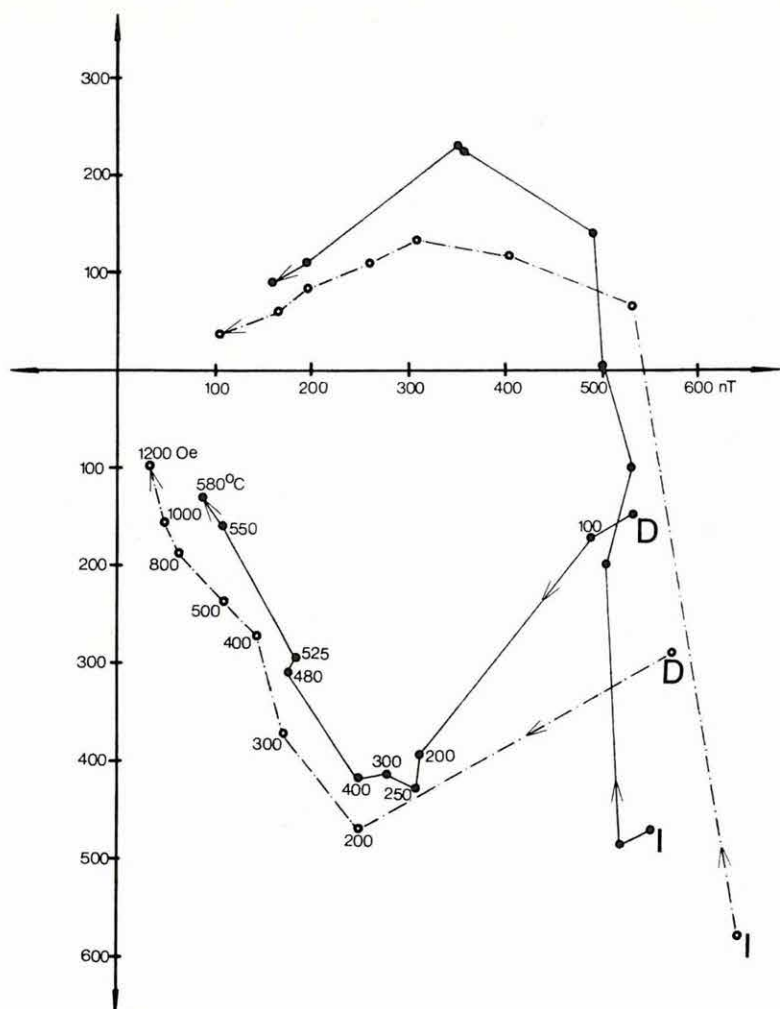
$$D = 144^\circ \quad I = 31^\circ \quad k = 9 \quad \alpha_{95} = 8,0^\circ \quad N = 91.$$

### *Nemzetközi együttműködésben végzett paleomágneses munkák*

Jugoszláv—magyar, osztrák—magyar és amerikai—magyar együttműködés keretében mintavétel történt a Dinaridák üledékes-, a Mecsek és a Balatonfelvidék magmás feltárásainak némelyikén, négy metamorf feltárásból a Ro-



honci-hegységből, és a magyarországi permii és észak-amerikai jura—kréta vörös homokkövek egyes feltárásain. A kőzetminták paleomágneses vizsgálata folyamatban van.



101. ábra. Andezit minták remanens mágnesezettsége irányának változása hőkezelésre, illetve váltóáramú lemágnesezésre (Velencei-hegység: Sukoró, Sorompó-völgy)

Fig. 101. Changes in the direction of remanent magnetization of andesite samples during step by step thermal and alternating field demagnetization (Velence Hills)

Рис. 101. Изменение направления остаточной намагниченности андезитовых образцов в результате тепловой обработки или демагнитивания переменным током.  
(горы Веленце: Шукоро, долина Шоромпо)

1982-ben megkezdődött a szocialista országok területére vonatkozó Egységes Gravimetriai Hálózat (EGH) graviméteres munkája. A hálózat tervezésénél az volt a kiinduló feltétel, hogy az egyes hálózati pontok relatív megbízhatósága ( $\mu_0$ ) ne legyen rosszabb, mint  $3 \cdot 10^2 \text{ nms}^{-2}$  ( $= 0,03 \text{ mgal}$ ).\*\* E roppant szigorú feltétel biztosítására a hálózat mérésénél abszolút gravimétert relatív ingaberendezéseket és különböző típusú relatív gravimétereket alkalmaznak.

Abból a célból, hogy az EGH világszínvonalú alapot nyújtson az egyes országok gravimetriai alaphálózatainak korszerűsítéséhez, minden országban megterveztek azt az optimális hálózati konfigurációt, amely a rendelkezésre álló műszerek alkalmazásával biztosítja a kiinduló feltétel teljesíthetőségét.

A tervezés során felmerült annak igénye, hogy a lehetséges igen nagy számú mérési elrendezés közül — a mérési súlyok megfelelő megválasztásával — kiválasszuk azt a változatot, amely a lehető legkisebb ráfordítással a céljainknak leginkább megfelelő hibaeloszlású hálózatot szolgáltatja.

A mérési súlyok meghatározásának egyik módszere egy — a hálózat pontoságára jellemző — skaláris célfüggvény minimalizálása. A skaláris célfüggvény minimalizálására több eljárást dolgoztunk ki. Tapasztalataink szerint a mérési súlyok jelentős mértékben függnak a célfüggvény, az optimalizálási eljárás megválasztásától, valamint attól, hogy a tervezést önálló vagy kötött hálózatban végezzük-e.

A mérési súlyok meghatározásának általunk használt másik módszere: valamely előre adott hibaeloszlású hálózat közelítése matematikai programozás felhasználásával. A tervezés során a hálózatot alkotó pontok varianciáit a pontok közötti távolság függvényében vettük fel. Mivel a lineáris programozással kapott mérési súlyok általában nem egész számok, így ismétlési számnak csak felfelé kerekítés után tekinthetők, ezért ennek a módszernek másik változataként a tervezést egész értékű programozás felhasználásával is elvégeztük. A kapott ismétlési számok több esetben így kisebbek lettek, mint a lineáris programozással kapott kerekített értékek.

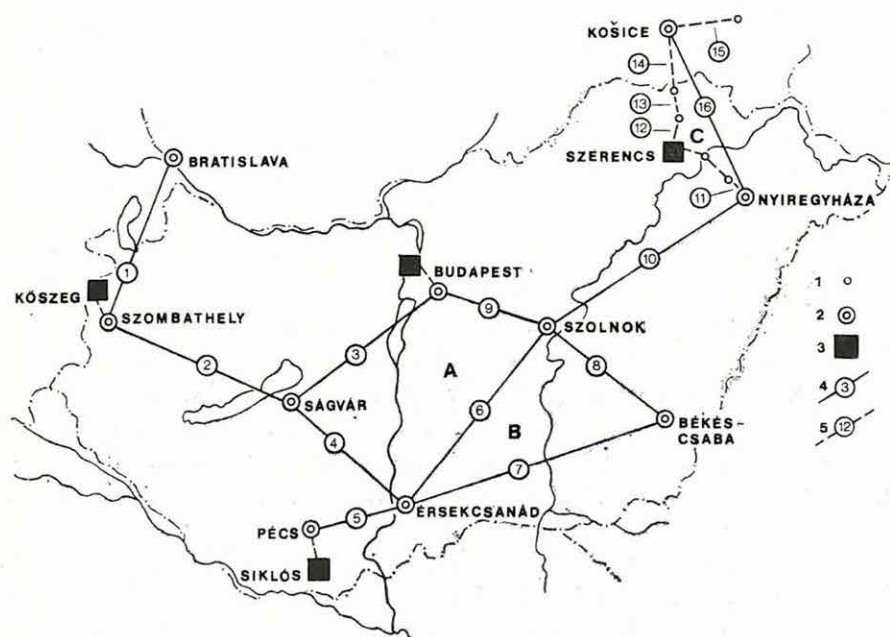
\* Csapó G., Pollhammer M., Sárhidai A., Szabó Z.

\*\*  $0,01 \text{ mgal} = 10^2 \text{ nms}^{-2}$

E módszerek alkalmazásával lényegesen pontosabb, homogénebb, a rendelkezésre álló anyagi eszközöket gazdaságosabban felhasználó hálózat tervezhető.

Mindkét tervezési módszerre programot fejlesztettünk ki az R—35 számítógépre. Az elmúlt években Magyarország területén négy ponton meghatároztuk a gravitáció abszolút értékét (1980. Évi Jelentés 86. ábra). Ezeket a pontokat úgy telepítettük, hogy egyenletes területi elosztásban az ország  $\Delta g$  tartományának lehető legnagyobb részét átfogják. Az abszolút módszerrel végzett mérések megbízhatósága  $\pm 10\text{--}14 \mu\text{gal}$ . Az ország területére nyolc EGH pontot telepítettünk ( $12\,000 \text{ km}^2/\text{pont}$ ).

A hálózat graviméteres méréseinek tervezéséhez a mérési kapcsolatok mért  $\Delta g$  értékeinek relatív hibájára — függetlenül  $e \Delta g$  értékek nagyságától —  $0,03 \text{ mgal}$  értéket vettünk fel. Ezen feltétel kielégítésére olyan hálózati pontel-



102. ábra. Az Egységes Gravimetriai Hálózat magyarországi szakasza

1 — segédpont; 2 — repülőtéri pont; 3 — abszolút pont; 4 — repülőgépes műszerszállítással végzett mérés; 5 — gépkocsisműszerszállítással végzett mérés

Fig. 102. Hungarian section of the Central and East European Gravity Standardization Net

1 — auxiliary point; 2 — airport point; 3 — absolute point; 4 — observations using air transport; 5 — observations using car transport

Рис. 102. Венгерская часть Единой Гравиметрической Сети

1 — вспомогательный пункт; 2 — аэродромный пункт; 3 — абсолютный пункт; 4 — измерения с транспортировкой на самолете; 5 — измерения с автотранспортом



helyezést terveztünk, amelynél a szomszédos pontok közötti  $\Delta g$  értéke minden esetben kisebb 90 mgal-nál.

A műszereket Pilátus-Porter turbó repülőgéppel szállítottuk, 200—400 méteres repülési magasságban. A méréseket magyar—csehszlovák együttműködésben, nyolc graviméterrel, egyidőben végeztük  $A-B-A-B-A$  mérési rendszerben, ismétléssel. Az EGH magyarországi szakaszának vázlatát a 102. ábrán láthatjuk.

Az abszolút módszerrel meghatározott  $g$  értékeket gépkocsival végzett műszerszállítással az előző években már levezettük a közelükben levő repülőtéri EGH pontokra. Ezen összekötések átlagos megbízhatósága:  $\pm 5-8 \mu\text{gal}$ .

#### *A mérések előzetes feldolgozásának értékelése:*

Az abszolút  $g$  értékeknek a repülőtéri EGH pontokra levezetett értékeit hibátlannak tételeztük fel és ezeket kényszereknek tekintve, műszerenkénti hálózati kiegyenlítést végeztünk. Ebből a kiegyenlítésből kaptuk a graviméterek léptékegyütthatóit. Ezekkel a mért  $\Delta g$  értékeket megjavítva, együttes hálózati kiegyenlítést végeztünk, ahol ismeretlennek az új pontok  $g$  értékeit tekintettük (tíz ismeretlen), és minden mérést egyenlő megbízhatóságúnak vettünk.

A feldolgozást két változatban végeztük:

Az 1. változatban önálló mérésnek tekintettük egy  $A-B-A-B-A$  mérési sorozatból számítható valamennyi  $\Delta g$  értéket (műszerenként és naponta 4—4 érték). Ebben a változatban a tíz ismeretlen meghatározására 1063 mérési eredmény állt rendelkezésre. Figyelembe véve, hogy a legkisebb négyzetek elve alapján végzett kiegyenlítésekben szigorúan véve csak egymástól független mérési eredményekkel lehet dolgozni, a feldolgozás 2. változatában önálló (és egyben független) mérési eredménynek csak az egyes műszerek napi átlagos mérési eredményeit vettük (244 adat).

Kiszámítottuk a mérési kapcsolatok megbízhatóságára jellemző — kiegyenlítés előtti — súlyegység középhibáját ( $\mu_0$ ), valamint egy mérés átlagos megbízhatóságát ( $\mu_x$ ). Ezeket az adatokat a VI. táblázatban állítottuk össze. Meghatároztuk a zárt poligonok (102. ábra  $A, B, C$ ) kiegyenlítés előtti poligonzárási értékeit ( $\omega_A = +22 \mu\text{gal}$ ,  $\omega_B = -15 \mu\text{gal}$ ,  $\omega_C = +30 \mu\text{gal}$ ).

Az elvégzett analízis alapján az EGH magyarországi szakaszára vonatkozóan teljesíthetőnek látszik a kiinduló feltétel.

A gravitációs hálózatok korszerűsítése keretében folytattuk a II. rendű gravitációs alaphálózat újramérését. 1982-ben a hálózat 145 kapcsolatát határoztuk meg.

VI. táblázat

| Kapcsolat | 1. változat |                               |         | 2. változat |                               |         |
|-----------|-------------|-------------------------------|---------|-------------|-------------------------------|---------|
|           | n           | $\mu_0$                       | $\mu_x$ | n           | $\mu_0$                       | $\mu_x$ |
|           |             | $\cdot 10^2 \text{ nms}^{-2}$ |         |             | $\cdot 10^2 \text{ nms}^{-2}$ |         |
| 1.        | 84          | 4,4                           | 0,5     | 21          | 4,0                           | 0,9     |
| 2.        | 64          | 3,5                           | 0,4     | 16          | 3,0                           | 0,7     |
| 3.        | 60          | 4,4                           | 0,6     | 15          | 3,2                           | 0,8     |
| 4.        | 64          | 2,6                           | 0,3     | 16          | 2,1                           | 0,5     |
| 5.        | 64          | 1,7                           | 0,2     | 16          | 1,5                           | 0,4     |
| 6.        | 64          | 2,7                           | 0,3     | 16          | 1,4                           | 0,4     |
| 7.        | 64          | 2,8                           | 0,4     | 16          | 2,2                           | 0,6     |
| 8.        | 64          | 2,3                           | 0,3     | 16          | 2,0                           | 0,5     |
| 9.        | 64          | 2,6                           | 0,3     | 16          | 2,2                           | 0,6     |
| 10.       | 71          | 3,2                           | 0,4     | 16          | 1,7                           | 0,4     |
| 11.       | 60          | 1,4                           | 0,2     | 16          | 1,2                           | 0,3     |
| 12.       | 68          | 2,1                           | 0,2     | 16          | 1,9                           | 0,5     |
| 13.       | 69          | 2,5                           | 0,3     | 16          | 2,7                           | 0,7     |
| 14.       | 75          | 2,5                           | 0,3     | 16          | 1,7                           | 0,4     |
| 15.       | 64          | 2,4                           | 0,3     | 16          | 2,4                           | 0,6     |
| 16.       | 64          | 3,0                           | 0,4     | 16          | 2,6                           | 0,6     |
| $\Sigma$  | 1063        |                               |         | 244         |                               |         |
| átl.      |             | 2,8                           | 0,34    |             | 2,2                           | 0,56    |

$n$  = mérési eredmények ( $\Delta g$ ) száma

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v v}{n-1}} \quad \mu_x = \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{n}}$$

## FÜGGELÉK





## Példák az ELGI külföldi tevékenységéből

### *Mongóliai Nemzetközi Földtani Expedíció\**

Mongóliai kutatási tevékenységünket 1982-ben is folytattuk, a KGST tagországok által közösen létrehozott Nemzetközi Földtani Expedíció keretein belül. Fővállalkozóként egy Földtani Térképező Csoportot (a MÁFI alvállalkozásában) és egy Komplex Geofizikai Csoportot működtettünk. Mindkét csoport kutató tevékenysége a Góbi sivatag déli részén levő réz- és egyéb ásványkincs lelőhelyek komplex feltárására irányult.

A Komplex Geofizikai Csoport, a lengyel és magyar Földtani Térképező Csoportok, valamint a Csehszlovák Revíziós Értékelő Csoport komplex (különböző ellenállás- és GP, földmágneses és szeizmikus) módszerrel végezte méréseit; a feltérképezett ércindikációk dimenzióinak, szerkezetének jobb megismerése érdekében. A mérési eredmények földtani értelmezése, ennek szakmai jelentésbe foglalása folyamatban van.

### *Multifrekvenciás elektromágneses szondázás (MFS)*

Az ELGI korábban már ismertette elektromágneses módszerfejlesztései közül az induktív gerjesztésű multifrekvenciás elektromágneses szondázások (MFS) alkalmazását (1980. Évi Jelentés, 73. oldal).

Az MFS módszer műszeres hátterét a Geoprobe Ltd Maxi-Probe EMR—16 típusú berendezése adja. Külföldi kutatóintézetekkel és hazai egyetemi tanszékekkel együttműködve megoldottuk az elektromágneses térjellemzők számítását horizontálisan rétegzett modell esetre mágneses dipolgerjesztésnél. Ezzel lehetőség nyílt a módszer felbontóképességének elemzésére és különböző feldolgozó eljárások összevetésére. Az MFS mérések rutinszerű feldolgozását a Geoprobe Ltd-től beszerzett know-how alapján, a HP 9845 S típusú, terepjáró gépkocsiba épített asztali számítógépre alapozzuk. A mágneses dipolgerjesztés elméleti számításáról a 2.2.1 pontban számolunk be.

\* Zsille A.

Az alábbiakban beszámolunk néhány mérésről, amelynek közléséhez külföldi partnerünk előzetes hozzájárulását megkaptuk.

#### a) MFS mérések Csehszlovákiában\*

Intézetünk 1982. szeptemberben elektromágneses frekvenciaszondázásokat végzett a Maxi-Probe EMR—16 berendezéssel a Geofizika Slovensky Geologicky Úrad és a Geofizika n. p. Brno, Závod Bratislava (Dr. Igor Tuny, Ing. Ivan Marusiak) felkérésére. A mérések előkészítésében és földtani értelmezésében szlovák résztől Dusan Obernauer vett részt. A tesztmérések célja az volt, hogy egy nehezen kutatható földtani modellen bebizonyítsuk a Maxi-Probe rendszerű elektromágneses frekvenciaszondázás kielégítő felbontóképességét és hatékonyságát.

A méréseket 25 m-ként, szelvény mentén végeztük. A fúrások rétegsora szerint a szénréteg 60—90 m közötti mélységben húzódik, homokos, márgás, kaviccsos üledék között. A beágyazó üledékek ellenállása néhányszor  $10\ \Omega\text{m}$  és néhányszor  $100\ \Omega\text{m}$  között váltakozik, amit fúrásokban felvett elektromos karotázs görbék is igazolnak. A beágyazó rétegek nem rendelkeznek specifikus — csak az adott közetre jellemző — ellenállás értékkel. A karotázs görbék azt mutatják azonban, hogy a szénréteg a környezeténél jobban vezet (kb. 3—4-szeres ellenálláskontraszt tapasztalható). A szénréteg vastagsága 5—6 m, a települési mélységnek mindössze 5—10%-a.

A szelvénymenti mérések megkezdése előtt meg kellett győződnünk arról, hogy a vékony szénréteg jelezhető-e egyáltalán elektromágneses frekvenciaszondázásokkal. Ebből a célból az egyik fúráson 3 különböző adó-vevő távolsággal végeztünk frekvenciaszondázásokat. Az  $L=140$  m-es terítés nem adott értékelhető eredményt. Az  $L=100$  és  $L=120$  m-es adó-vevő távolsággal végzett mérések viszont igen, a  $\rho_a(H)$  görbéket a 103. ábrán láthatjuk. A detektálhatóság kritériuma az, hogy a különböző  $L$ -hez tartozó  $\rho_a(H)$  görbéken a kimutatandó réteghatárokat egyértelműen kijelölhető töréspontok jelezzék, a töréspontok mélysége ne függjön  $L$ -től, és kielégítően jó egyezést tapasztaljunk a fúrás földtani rétegsorával és/vagy elektromos karotázs görbéjével. Az  $L=100$  m-hez tartozó  $\rho_a(H)$  görbén 63—67 m között, az  $L=120$  m-hez tartozóan 64—67,5 m között találhatunk a környezetéhez képest egyértelműen jobban vezető réteget (lásd  $C_1$  ill.  $B_1$  töréspont). A fúrás szerint 64,4—69,2 m között található a szén. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a szénréteg jól észlelhető a Maxi-Probe rendszerrel, a réteghatárok mélységének maximális eltérése 2 m.

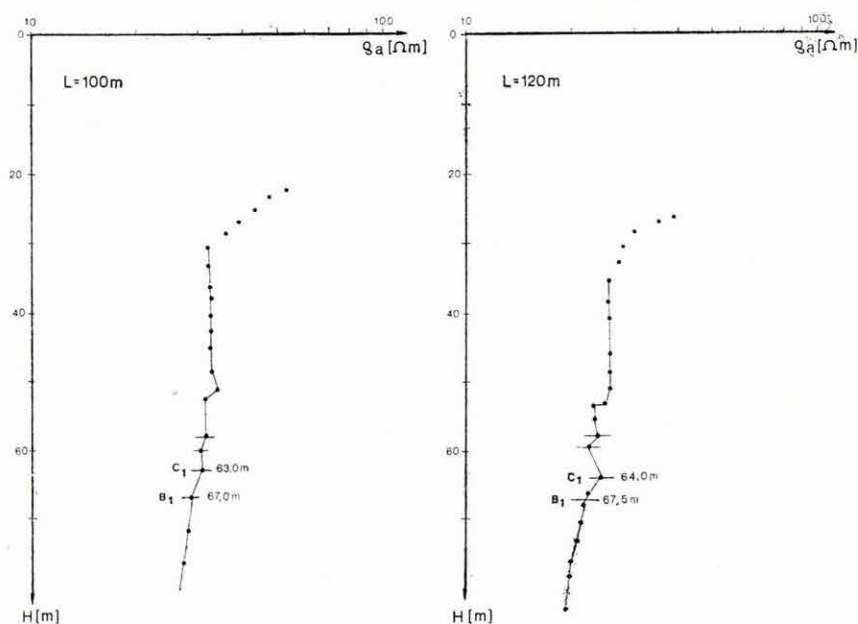
A szelvény mentén végzett szondázásoknál a nagyobb kontrasztot adó  $L=120$  m-es terítést választottuk. Az értelmezett szelvény egy részét a 104. ábra

\* Kardeván P.



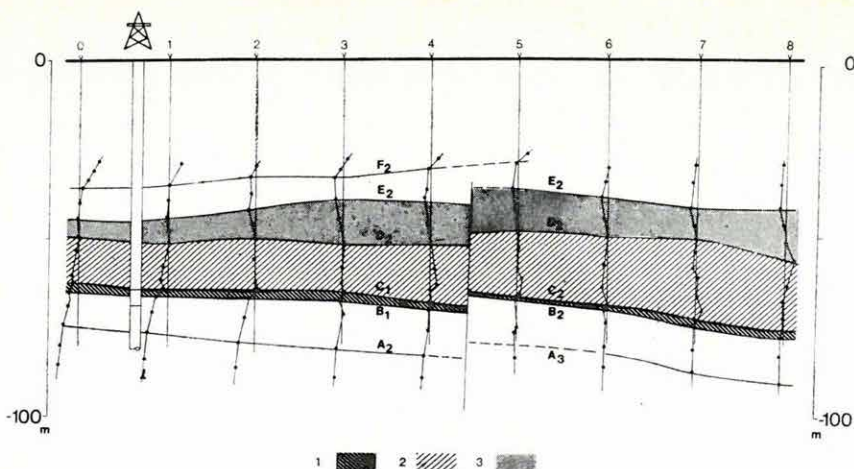
mutatja. A szénréteg szelvénymenti nyomozásánál és szelvény értelmezésnél feltételeztük, hogy a szénréteg végig környezetéhez képest jól vezető réteggként viselkedik (azonos fáciesű) és az egész szelvény mentén indikálható, nemcsak a tészt mérések helyén. Ezeket a feltevéseket a szondázások igazolták.

Vetők esetén a vékony jólvezető réteg azonosítása problematikusnak tűnhet, hiszen a  $\rho_a(H)$  görbék más részein is lehetne egy-egy kiugró pontra vékony jólvezető réteget szerkeszteni és szénréteggként értelmezni. A geofizikai interpretációt rendkívül biztossá teszi azonban a szomszédos töréspontok által közrefogott rétegek korrelálhatósága. A szénréteg „megtalálása” szempontjából alapvetően fontos volt az  $E_2-D_2$  és  $D_2-C_2$  illetve  $D_2-C_1$  réteghatárok felismerése, és az általuk közrefogott rétegek korrelációja. A szondázások alapján a rosszabbul vezető  $E_2-D_2$  réteg alatt csaknem végig egy ehhez képest jobban vezető, bár meglehetősen inhomogén összlet található: a  $D_2-C_2$  illetve  $D_2-C_1$  réteg. A széntelep ez alatt az összlet alatt kell keresnünk. A szénréteget elnyíró kis vető létezését megerősíti az a tény, hogy a szénréteg feletti jellegzetes rétegek határai is ugyanazt az elvetési magasságot mutatják (pl. 4 és 5 között). A tektonikai képet 0–8 számú szondázások között egy, a szénréteg alatt húzódó  $A_2$  ( $A_3$ ) réteghatár is megerősíteni látszik.



103. ábra. Fúráson, különböző terítéssel végzett MFS mérések  $\rho_a(H)$  görbéi  
Fig. 103. Multifrequency electromagnetic sounding (MFS) survey,  $\rho_a(H)$  curves with different spreads at a borehole

Рис. 103. Кривые  $\rho_a(H)$  измерений МЧЗ над скважиной с разными установками



104. ábra. Szelvénymenti elektromágneses szondázások vékony szénréteg kimutatására

1 — vékony szénréteg; 2 — jólvezető fedőösszlet; 3 — rosszul vezető fedőösszlet

Fig. 104. Multifrequency electromagnetic soundings along a profile to trace a thin coal seam

1 — thin coal seam; 2 — high conductivity overburden; 3 — low conductivity overburden

Рис. 104. Электромагнитные зондирования по профилю для выявления тонкого пласта угля

1 — тонкий угольный пласт; 2 — хорошо проводящая покрывающая толща; 3 — слабо проводящая покрывающая толща

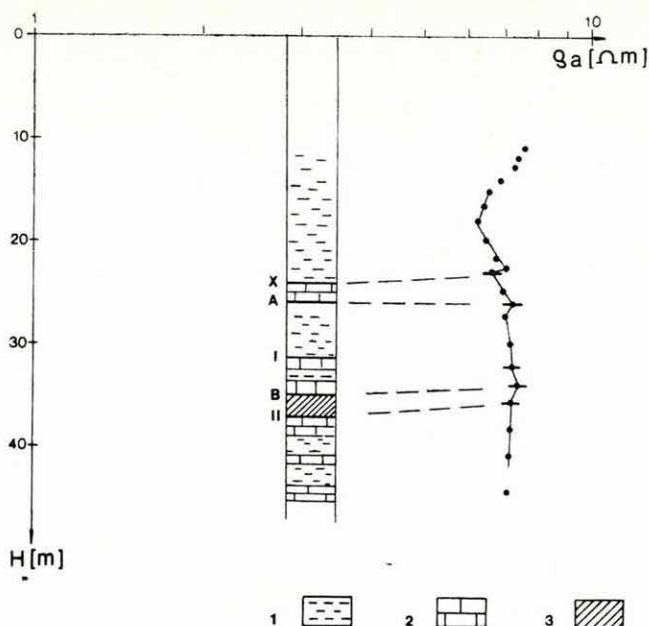
#### b) MFS mérések Baden-Württembergben (NSZK)\*

1982-ben a BEB, Erdgas-Erdöl cég megbízásából részletes MFS méréseket végeztünk felszínközeli, vékony rétegek kutatására. A kutatott üledékes réteg igen változatos földtani rétegsorban helyezkedett el. Vastagsága gyakran a felszíntől számított mélység 10%-ánál is kisebb volt, ennek ellenére sikerült egy összefüggő területen nyomon követni a réteget, és kimutatni a legalább 3 m-es vetőket az elektromágneses szondázások segítségével.

A geofizikai kiértékelés során a görbék közti korreláció meghatározásával a rétegek elhelyezkedése nyomon követhető. Az így kapott határfelületek földtani réteghatárokkal való azonosítása elsősorban a fúrási pontokon mért MFS görbék és a karotázs szelvények görbéinek összehasonlításán, továbbá a kibúvásokban felismert rétegek követésén alapult. Az egyes rétegek valódi ellenállását egyenáramú szondázások segítségével határoztuk meg.

Egy fúrás rétegsorát és a fúrási ponton mért MFS görbét láthatjuk a 105. ábrán. Jól azonosítható az X és A határ közti mészkőpad nagyellenállású rétege

\* Gyurkó P., Szabadváry L.



105. ábra. Elektromágneses szondázás összehasonlítása fúrési rétegsorral  
1 — agyagmárga; 2 — mészkő; 3 — a kutatott agyagmárga réteg

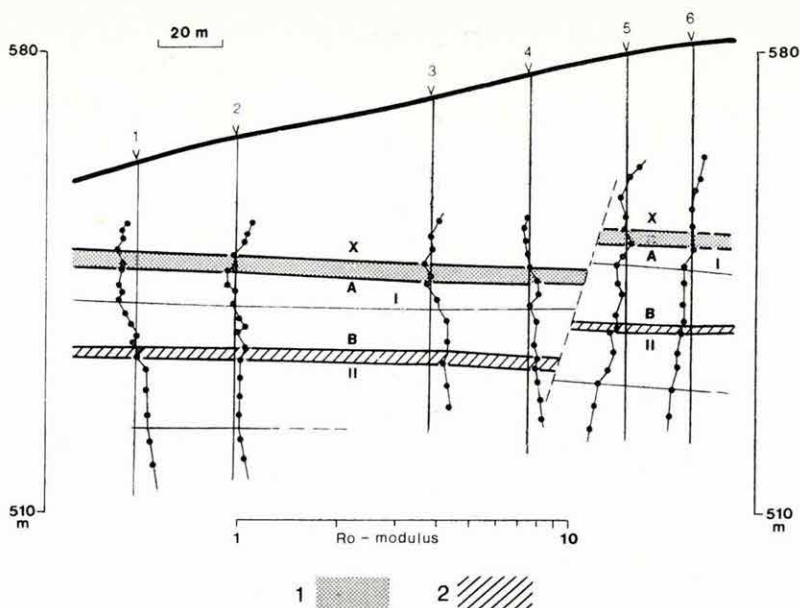
Fig. 105. Comparison of MFS results with the geological column  
1 — clayey marl; 2 — limestone; 3 — the explored clayey marl layer

Рис. 105. Сопоставление результатов электромагнитного зондирования с колонкой скважины  
1 — глинистый мергель; 2 — известняк; 3 — изучаемый слой глинистого мергеля

és a B és II határ közti kisellenállású agyag—márga összlet, amely a keresett vékony réteget is tartalmazta. A rétegek jó korrelálhatóságát és a vető felismerhetőségét mutatja be a 106. ábra. Az erősen változó felszín ellenére a közel vízszintes településű rétegek kijelölhetők, vastagságuk helyenként a mélység 5%-át sem éri el. A 106. ábra szelvényén a vető kijelölését segíti elő a görbék jellegének megváltozása is (4. és 5. MFS görbe). Az értelmezett mélységadatokból az egyes réteghatárok szintvonalas mélységterképét és térbeli ábrázolását is elkészítettük a HP 9845 S számítógép színes plotterének segítségével.

A mérések tervezésében és az eredmények értelmezésében dr. Horst Dürschner, a BEB főgeofizikusa és dr. Wolf-Dieter Karnin, a BEB főgeológusa nyújtottak nélkülözhetetlen segítséget.





106. ábra. Szelvénymenti elektromágneses szondázások, Baden—Württemberg

1 — nagyellenállású vezérszint (mészkő); 2 — kisellenállású vezérszint (agyagmárga)

Fig. 106. Multifrequency electromagnetic soundings, Baden—Württemberg

1 — high resistivity marker horizon (limestone); 2 — low resistivity marker horizon (clayey marl)

Рис. 106. Электромагнитные зондирования по профилю в районе Баден-Вюртемберг

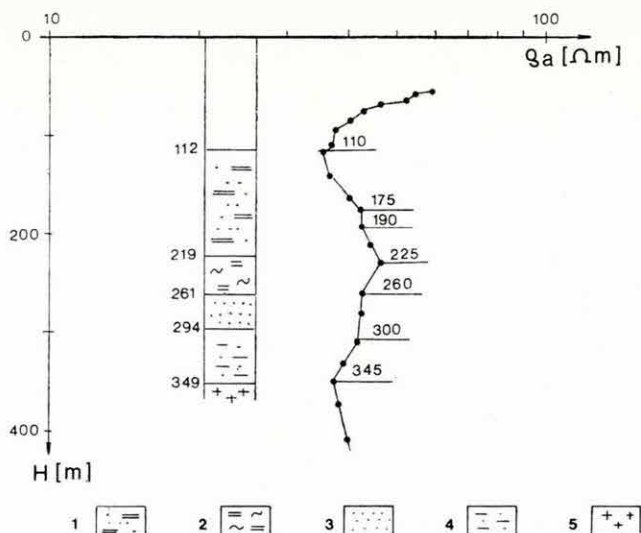
1 — высокоомный опорный горизонт (известняк); 2 — низкоомный опорный горизонт (глинистый мергель)

### c) MFS mérések Felső-Ausztriában\*

A kristályos aljzat mélységét, valamint a fedőrétegek tagolását kellett megadni elektromágneses frekvenciaszondázásokkal. A területen mélyült fúrás rétegsorát és a felette mért MFS görbét a 107. ábra mutatja be. Az aljzat igen pontosan kijelölhető volt a 345 m mélységben levő éles töréspont segítségével. A fedőösszlet négy jellemző rétege jól elkülönül a görbén. Figyelemre méltó, hogy a nagyellenállású környezetben levő vékony jólvezető réteg is meghatározható volt (175 m és 190 m között).

A mérések megtervezésében és értelmezésében dr. Franz Weber, a leobeni Montanuniversität tanszékvezető professzora volt segítségünkre.

\* Gyurkó P., Hoffer E.



107. ábra. Elektromágneses szondázás összehasonlítása fúrási rétegsorral  
1 — homokkő; 2 — márga; 3 — homok; 4 — agyagos homok; 5 — kristályos alaphegység;

Fig. 107. Comparison of MFS results with the geological column  
1 — sandstone; 2 — marl; 3 — sand; 4 — shaly sand; 5 — crystalline basement

Рис. 107. Сопоставление электромагнитного зондирования с геологической колонкой скважины  
1 — песчаник; 2 — мергель; 3 — песок; 4 — глинистый песок; 5 — кристаллический фундамент

#### d) MFS mérések Bajorországban (NSZK)\*

A mérések célja ebben az esetben is annak eldöntése volt, hogy az elektromágneses frekvenciaszondázás mennyiben alkalmas a kristályos alaphegység kimutatására és a fedőösszlet tagolására. Az alaphegység felszínét az I-gyel jelölt geofizikai réteghatárhoz rendeltük, ennek mélysége a 108. ábra fúrás szelvényén 376 m. A nagyellenállású aljzat meghatározásának pontosságát és megbízhatóságát növeli az a tény, hogy az aljzat felszínén egy vékony jólvezető réteg van, amely a szelvény mentén jól követhető (109. ábra). Hasonlóan jól követhető a C és II. réteghatár közötti jólvezető réteg a fedőösszletben. További tagozódás figyelhető meg a fedőben és az aljzatban is, ezek még biztosabbá tették a görbék korrelációját.

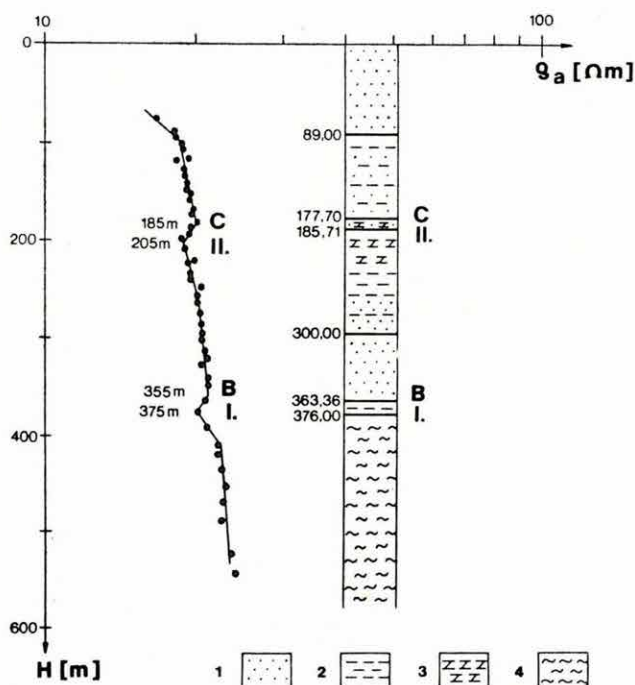
A mérési terület adottságai között jól érvényesült a módszer rugalmassága, amely a következő tulajdonságoknak köszönhető:

\* Gyurkó P., Szabadváry L.

- az érdekes mélységtartomány vizsgálatához alkalmazandó adó-vevő távolság tág határok között változtatható,
- az adó-vevő távolság legfeljebb kétszerese a vizsgálandó mélységnek, tehát viszonylag kicsi,
- a terítés iránya — ha nincsenek nagy szerkezeti változások — tetszőlegesen választható meg, adó és vevő felcserélhető.

Így mezőgazdaságilag művelt területen vagy beépített területen is alkalmazható ez a módszer, környezeti kár okozása nélkül. A vonatkoztatási pont nehezen megközelíthető helyre is eshet.

A mérések elvégzéséhez és az értelmezéshez dr. Joachim Homilius professzor, a Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB), Geofizikai Alosztályának vezetője nyújtott nélkülözhetetlen segítséget.

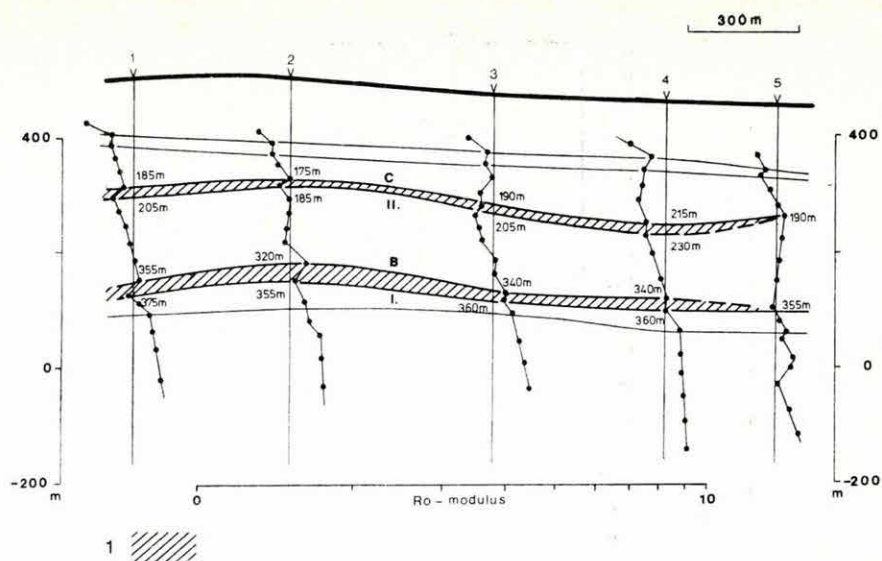


108. ábra. Elektromágneses szondázás összehasonlítása fúrási rétegsorral  
1 — homokkő; 2 — agyagpala; 3 — dolomit; 4 — gneisz

Fig. 108. Comparison of MFS results with the geologic column  
1 — sandstone; 2 — shale; 3 — dolomite; 4 — gneiss

Рис. 108. Сопоставление электромагнитного зондирования с геологической колонкой скважины  
1 — песчаник; 2 — глинистый сланец; 3 — доломит; 4 — гнейс





109. ábra. Szelvénymenti elektromágneses szondázások, Bajorország  
1 — jólvezető vezérszint

Fig. 109. Multifrequency electromagnetic soundings along a profile (Bavaria)  
1 — marker horizon of high conductivity

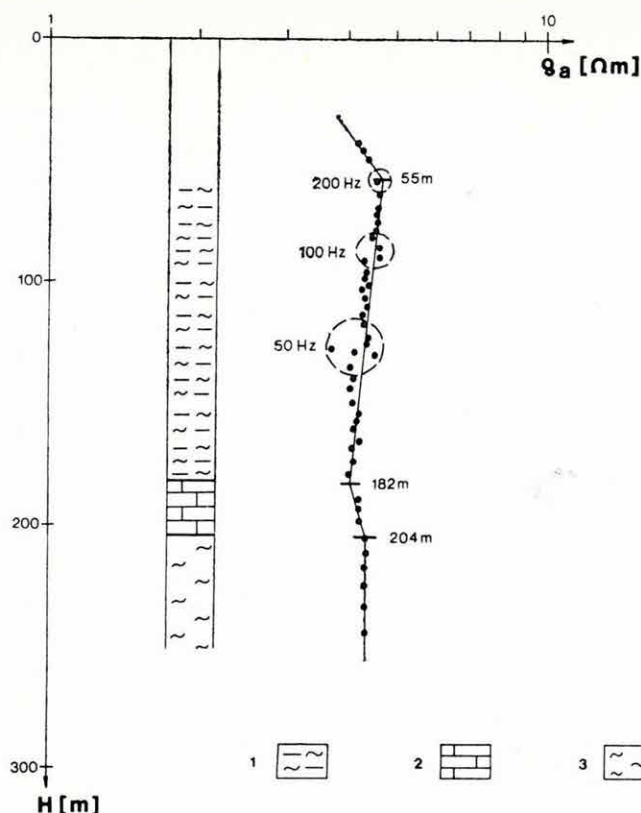
Рис. 109. Электромагнитные зондирования по профилю в Баварии  
1 — проводящий опорный горизонт

#### e) MFS mérések Alsó-Ausztriában\*

Az elektromágneses frekvenciaszondázás viszonylag vékony, a környezetnél nagyobb ellenállású réteg kimutatását is lehetővé teszi. Ezt szemlélteti a 110. ábra, ahol a kutatott eocén mészkőréteg vastagsága a mélység 10%-a. A karsztosodott mészkő vastagságának meghatározása is feladatunk volt. Látható, hogy a mészkő igen jól elkülönül a kisellenállású fedőtől és a némileg nagyobb ellenállású aljzattól. A görbén a bekarikázott torzulásokat a közelben levő elektromos vezeték okozta (a torzult pontok frekvenciái egyértelműen egyeznek az 50 Hz-es hálózati frekvenciával és felharmonikusával).

A szondázás helyének kijelölésében és az értelmezésben dr. Harro Unterwiesing, az Österreichische Mineralöl Verwaltung (ÖMV) főgeológusa volt segítségünkre.

\* Gyurkó P., Szabadváry L.



110. ábra. Elektromágneses szondázás és fúrási rétegsor összehasonlítása

1 — jólvezető fedőösszlet; 2 — a kutatott mészkőrétteg; 3 — viszonylag jólvezető fekvő összlet

Fig. 110. Comparison of MFS results with the geological column

1 — high conductivity overburden; 2 — the explored limestone bed; 3 — underlying formation of relatively high-conductivity

Рис. 110. Сопоставление электромагнитного зондирования с геологической колонкой скважины

1 — хорошо проводящая покрывающая толща; 2 — изучаемый известняковый слой; 3 — относительно хорошо проводящая подошвенная толща

A Könyvtár jelenlegi állománya 24 258 kötet könyv és folyóirat, valamint 27 927 egyéb könyvtári egység.

Állományunkat 1982-ben 525 kötet könyvvel, 368 kötet (2165 db) folyóirattal, 881 egyéb dokumentációs kiadvánnyal, 180 db műszerprospektussal gyarapítottuk.

Folyóíratárunk 11 féle új folyóirattal bővült.

Nemzetközi kiadványcsere révén 559 db kiadványt kaptunk és 59 országba, 525 címre 1520 kiadványt küldtünk.

A könyvtári szolgáltatásokat az elmúlt évben 5358 olvasó/kölcsönző vette igénybe.

\* \* \*

1982-ben az ELGI a következő kiadványokat jelentette meg:

- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1981. Évi Jelentése;
- Geofizikai Közlemények 28. kötet 1. és 2. szám;
- Annual Report 1980 of the Tihany Geophysical Observatory.





ANNUAL REPORT OF THE  
EÖTVÖS LORÁND GEOPHYSICAL INSTITUTE  
OF HUNGARY  
FOR 1982





# 1 GEOPHYSICAL PROSPECTING



## 1. GEOPHYSICAL PROSPECTING

The field work of ELGI for 1982 is presented in the map of Fig. 1.

In the framework of the topic "*Regional exploration of the Transdanubian Central Range*", regional surveys, reconnaissance, and detailed exploration for coal and bauxite were carried out on contract partly with the Hungarian Geological Survey (MÁFI), partly with the respective mining companies. Twenty-two areas were investigated from which a few examples are presented.

In the framework of the "*Senonian brown coal exploration programme*" we continued the work in the area of Sümeg—Ukk—Gyepükaján, started in 1980. In Fig. 2 the contour map of the Triassic—Jurassic basement is presented, constructed from all available geophysical and geological data. In the elevated area of Gyepükaján, 140 million tons of coal of heating value of 12 MJ/kg is forecast at a depth of 500–700 m.

The final report on the coal exploration of the *southeastern foreground of the Gerecse Mts.* was completed. We give a summary of the systematic geophysical exploration started in 1970. The gravity residual anomaly map of Fig. 3 was constructed in 1974. It drew attention to the Máty (east)—Zsámbék area, where the minimum zone of E–W direction could be caused by a deep trough preserving the coal from erosion. This theory was proved by later geophysical and borehole data. Furthermore geophysics proved to be extremely successful in finding the optimum locations for boreholes. Fig. 4 shows the contour map of the Triassic basement with the suggested boreholes (the suggestion was worked out in MÁFI–ELGI cooperation). After the first 10 boreholes were completed, a realistic view was attained about the coal reserves. In the next stage of exploration high resolution geophysical methods such as reflection seismics and multifrequency EM soundings (MFS) were used. These profiles—marked out according to the main structural features of the area—represented at the same time the basic network of the Exploration Information System (EIS). Altogether 9 EIS profiles were set up, from which the different maps were constructed by computer. One such map is presented in Fig. 79. The tectonic map of the area (Fig. 5) was constructed from all available geological and geophysical information. How geophysical methods were used and the process of geological interpretation are illustrated in Fig. 6. In Table I all borehole data are summariz-



ed which were located on the basis of geophysical information. On evaluating this, it must be taken into consideration that the task was to collect maximum geological information therefore, e.g. for delineating productive areas, boreholes had to be located on barren stretches.

*High resolution seismic reflection* was used in the *exploitation phase of coal exploration*, above the planned main tunnel of the Máty mine. The task was to determine the location and amplitudes of faults cutting through the coal seams. The result is presented as migrated time section coloured according to reflection amplitudes (*Fig. 7*). It was found that the planned tunnel crosses the main fault and several smaller faults. At the beginning of the cross section it approaches the surface of the Triassic basement, which means danger of water inrush.

From our *bauxite exploration* tasks a few examples are given. In *Tükrös-puszta*, along with the regional exploration of the south-eastern foreground of the Gerecse Mts., two boreholes hit bauxite, one hit coal in 1978. Thus the detailed exploration of the area seemed profitable. The results of gravity measurements in regular grid are given in *Fig. 8/a*. On the eastern part of the Bouguer anomaly map, at the edge of the bay-like minimum, is located borehole Tü—12 which hit both bauxite and coal. The filtered, second derivative-type gravity anomaly map of *Fig. 8/b* was of great help in planning further, higher resolution geophysical exploration. The average conductivity isolines of potential mapping (*Fig. 8/c*) reflect the basement contours fairly well, because of the favourable geoelectric model. *Fig. 8/d* shows the basement contour map constructed from all available geological and geophysical data. One can see several hollows in the basement which show potentiality for further exploration. In *Fig. 9* an MFS profile is presented going through a borehole containing both bauxite and coal.

In *Bakonyoszlop*, geophysical exploration started in 1969. In 1982 we worked south of Csesznek. The case history of this area is given in *Fig. 10*. First the direction of structural lines and the very shallow areas were delineated by VLF measurements. The VLF phase difference map is essential in finding basement lows filled by Eocene or Oligocene sediments. From the two VLF maps and the average conductivity ( $\bar{S}$ ) map of potential mapping the basement contour map was constructed. The boreholes, located on geophysical anomalies (*A, B, C*), proved the existence of the hollows and, furthermore, boreholes *A* and *B* hit bauxite. The changes of geophysical parameters and the geological interpretation are illustrated along profile *DD'*. From the parameters determined in boreholes a cross-plot was constructed. It can be seen that three different types of sedimentary sequence appear in the cross-plot.

In the vicinity of *Nyírád* most of the bauxite deposits are in contact with upper Cretaceous limestone, which lies above karst water level, thus they are easily exploitable. Mapping the surface of upper Cretaceous is complicated by

changing physical parameters both in the cover and in the target horizon. High resolution seismics and frequency soundings (MFS) gave encouraging results. In *Fig. 11* a part of an MFS section is given as an example. The upper Cretaceous horizon is traceable and two faults could be detected. It is worth noting that the relative resistivities of the Eocene and of the Cretaceous change along the profile.

The results of the detailed bauxite geophysical exploration of Csordakút are presented in *Fig. 12/b*, compared with the results of the former exploration phase (*Fig. 12/a*). Those areas which were declared to be perspective in 1978, proved to be true. *Fig. 13/a* is the 3D axonometric view of the contour map of *Fig. 12/b*. We find this axonometric plotting helpful in evaluating such complex structures. In *Fig. 13/b* those areas of the Triassic basement which are covered by bauxite are plotted in red. Thus the positions of the bauxite bodies become clear. Starting out from bauxite containing boreholes MFS profiles were measured for delineating the bauxite bodies. Three of these profiles are presented: in Profile *AA'* (*Fig. 80*) bauxite pinches out along a fault. It is noteworthy that on the left-hand side of the profile facies changes in the Eocene could be determined, to which is linked the pinching out of coal seams. In Profile *BB'* (*Fig. 14/a*) MFS measurements show bauxite deposits directly. In Profile *CC'* (*Fig. 14/b*) pinching out of the Eocene can be traced and it can be seen that bauxite is deposited in a tectonically preformed trough.

In *Northern Hungary* the integrated geophysical survey of the *Central and Western Mátra Mts.* was continued with the aim of regional structural- and ore exploration. The supplementary gravity network was completed in an area of about 200 km<sup>2</sup>; the former seismic profiles were continued in the southern direction; and IP measurements were carried out to delineate anomalous regions. On top of these, VES and MFS surveys were carried out to solve local problems of geological mapping. A location map is presented in *Fig. 15*. Gravity survey of the whole region is practically complete; only some areas which are non negotiable by car i.e. high mountainous terrain, remained for 1983. For map-construction, the terrain correction work was computerized. Processing is now in progress. A novelty in seismics was the introduction of the air gun energy source. *Figs. 16 and 17* show the same migrated time section shot by VIBROSEIS and air gun, respectively. Comparing the two it seems that air guns can be used for the exploration of the volcanic superstructure, although penetration of VIBROSEIS is deeper. The southern rim of the Mátra Mts. was investigated by Profile Ma-2G/83 (*Fig. 18*). The most interesting feature in it is the sharp contrast between the two sides of the near-vertical line, around 70<sup>00</sup>. This feature can be interpreted either as an intrusion or as a horizontal displacement. Exploration of shallow mineralization by the IP method was extended over the Central Mátra ore region (*Fig. 19*). It can be seen that where the number of hydrothermal veins is large, IP anomalies of considerable



amplitudes appear whereas on areas where only a few veins are present (*C* and *D*) no IP anomaly appears. Among the prospective areas (marked out by IP anomalies), there are formerly known mineralized zones (*A* and *B*), but the largest was not known up till now (*E*). The geophysical tasks connected with geological mapping comprised the tracing of the low-resistivity sedimentary layer underlying the high-resistivity andesites. In *Fig. 20/a* the VES profile, in *Fig. 20/b* the MFS profile is given. MFS measurements are less disturbed by horizontal inhomogeneities and they provide information from beneath the high-resistivity screening layer. On slopes of thick soil cover resistivity and magnetic profiling was carried out to separate layers of lava and pyroclastics. In *Fig. 21* it can be seen that widely varying resistivities can be correlated with such layers, but magnetic data are not interpretable because of the disturbing effect of andesite detritus covering the slopes.

In the framework of the "*Regional exploration of the Aggtelek-Rudabánya hills*" several different tasks had to be solved. A sketch of the location of geophysical surveys is given in *Fig. 22*. With seismics a methodological experiment series was commenced to find the appropriate field parameters for shallow structural investigation. All experiments had definite geological tasks as well. The location of seismic measurements is presented in *Fig. 23*: time section Ra-3/81 (*Fig. 24*) was shot for structural, Anh-2/81 (*Fig. 25*) served for anhydrite exploration. In the case of the latter, the separation of different structural units, and the defining of sedimentation characteristics represented a great deal of help in delineating prospective areas. In the uncovered geological map of *Fig. 26*, the structural units determined in the seismic cross sections are marked. Correlation of geological and geophysical data is satisfactory. The ground follow-up of some aeromagnetic anomalies was carried out by  $\Delta T$  profiling. The causative bodies were computed (*Fig. 27*) and checked by the difference between measured and computed values (*Fig. 28*). The computation is regarded satisfactory as the difference never exceeds 10% of the measured anomaly. To help in geological mapping resistivity and magnetic profiling was carried out in two areas. In the area of Haragistya distribution and sedimentation conditions of the sequence younger than Anisian were explored by dipole-dipole profiling and a VES survey (*Fig. 29*).

In the south-western part of the *Bükk Mts.* is situated the largest ophiolite area of the Carpathian region. In recent times great advances have been made in learning its processes of evolution, both petrological and geochemical. As a result of geological mapping between 1979 and 82 a map of the scale of 1:20.000 was prepared (*Enclosure 1*), thus the tectonic picture became clearer as well. Two large tectonic units can be separated: the *synform of Szarvaskő* and the *plateau monocline*. The axis of the Szarvaskő synform dips to SW. In its build-up four tectonic nappes are involved (*Enclosure 2*), their formations can be grouped into three litho-stratigraphic units. The stratigraphic succession



of the three units (*Fig. 33*) can be determined by their lithologic characteristics. There are no convincing palaeontological data, but the age of these formations can be assessed as middle Triassic – middle Jurassic. In the higher nappes of the Szarvaskő synform successively older members of the sequence appear, although in each nappe the succession is normal. In the evolution of the synform at least three stages can be separated: primary folding and development of schistosity, development of nappes, secondary folding and development of schistosity. These processes may have overlapped each other in time. The present shape of the synform shows a south-easterly direction of movement. The plateau monocline consists of a monotonic limestone sequence. Its stratigraphical position compared with the former three has not been clarified, but its age is probably in the same range. This unit got to its present location beside the evolved Szarvaskő synform by left-hand-side horizontal displacement from the east, and was later compressed against it from the north (*Figs. 35–37*).

Thus in structural exploration at least, three deformation phases can be separated in which the direction has changed but it has had a southern component all the time (*Fig. 38*.) In all three phases there existed plastic deformation too, but its role diminished from phase to phase. It is supposed that all three phases took place in the latest part of the lower Cretaceous, under a very thick cover. The characteristics of the deformations (*Fig. 34*) and the Prehnite-pumpellyite facies of metamorphism suggest that particular definition. The decreasing role of plastic deformation can be linked with the erosion of the cover.

The “*Regional study of the tectonics of Transdanubia*” continued with reflection seismics on the south-eastern rim of the Little Hungarian Plain and in the Transdanubian Central Range; with magneto-tellurics to trace the elevated zone of the high conductivity layer in the Transdanubian Central Range. Some of the formerly published seismic profiles were reprocessed. All data referring to the high conductivity layer in this zone of Transdanubia are summarized in *Fig. 39*. As a new result we can report that in most cases the surface of the high conductivity layer could be correlated with reflecting horizons. The most striking example can be seen in *Fig. 42*. The reflecting horizon of good energy in the time window of 2.0–2.5 sec can be traced even in profiles shot for coal exploration in the area (*Fig. 40*). We can publish, for the first time, Profile MK–3 which crosses the whole Transdanubian Central Range, with uniform processing and plotting (*Fig. 41*). Results of magneto-telluric soundings are plotted too. All these represent facts but for a unified tectonic interpretation even more data should be collected.

From our “*Water- and engineering geophysical projects*” three examples are presented. The “*Geophysical exploration of the alluvial cone of River Maros*” was completed in 1982. The most important geological results of surface geophysical survey were the horizontal and vertical delineation of the alluvial cone. The vertical build-up can be studied by geophysical profiles (*Fig. 43*) and by

the parameter maps of different penetration (Figs. 44–47). The horizontal delineation is given in Fig. 48, constructed from geophysical profiles and maps. The most important hydrological results are: determination of sedimentological conditions in an area of 1,600 km<sup>2</sup>, within this area districts of different prospects regarding water yield were separated, and those areas were marked out where further investigation is needed before locating water works. An important question is, whether the porous reservoir rocks get enough fresh supply? It is evident that supply conditions are best where ancient rivers or tributaries existed continuously or with only a short break. The system of ancient tributaries building up the upper part of the cone can be studied by the resistivity map of smaller penetration (Fig. 49). The project had several methodological results as well. The most noteworthy are: finding regularities in the distribution of apparent polarizability and interpretation of  $\rho$ –P diagrams constructed from measurements in wells (Figs. 50 and 51).

As a result of the “*Geophysical exploration of the terrace and alluvial cone of River Rába*” the upper 250 m thick sediments, most important for water supply, could be separated into five layers, viz. terrace, alluvial cone, shaly marker, lower sandy–shaly sequence, shaly basement. The terrace and alluvial cone sediments can be counted as the upper water base, the lower sandy–shaly complex as the lower water base, when designing water works. The most favourable places of the water bases are marked out in Fig. 52, the hydrological classification of the terrace sediments and that of the alluvial cone are presented in Figs. 53 and 54, respectively.

A new and interesting topic is: “*Geophysical exploration of sliding surfaces*”. The high relief scarp of the Dráva river-bank was explored on contract with Yugoslavian and Hungarian water construction firms. The theoretical basis for using geophysics is that although the petrological composition of the sliding rock masses does not change, the physical properties of these masses differ from undisturbed parts. As a first step VES profiles are marked out on air photographs, perpendicularly to the banks. From the VES survey the geoelectric model is determined (Fig. 55/a). Next, the model is checked by engineering geophysical soundings, by which we get a high resolution picture of the uppermost 20–30 m thick layer (Fig. 55/b). It was determined that bulk density shows a definite difference between sliding and static parts. The character of sliding is different in the upper and lower section of the bank. There is no solution for the drainage of the scarp, thus it is constantly in a mobile state. To determine the hydrological causes of initiating sliding, further hydrological investigations are needed.

In oil exploration *reprocessing of reflection profiles of the Hajdú region* resulted in interesting seismic sections. Comparing the present section, processed by the SDS-3 program package on the R-35 computer, plotted by VERSATEC plotter (Fig. 57) and COROLLPRESS (Fig. 58) with the former one (Annual



Report, 1977, Fig. 36) one can see the striking difference in both the basement and the sedimentary fill. The overthrust, marked out in the basement, is verified by a nearby borehole. The effects of young tectonic movements can be traced nearly to the surface into the coloured section. Location of the profile can be seen in Fig. 56.

In the *Nógrád coal basin* a *reflection seismic survey* was carried out for the tracing of the coal seams westwards from the area under exploitation. A location map with geological information is presented in Fig. 59. The fault line of Sósartyán-Szentkút divides the area. Two time sections are presented as examples. In Fig. 60 two horizons could be traced: the coal seam (thick line) and the surface of a deeper rhyolite tuff layer. In Fig. 61 all horizons appearing in the area are traceable. As a result of the survey of 1981–82 those districts can be separated where there is no point in drilling because the coal bearing formations lie beneath the level of economic exploitation (500 m).





## 2 METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH





## 2.1 SEISMIC METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH

### 2.1.1 Development of the program system for the processing of 3-dimensional seismics\*

We have already reported on the basic programs for the processing of 3D seismics in Annual Report for 1981, and on the first processing results of the areal seismic survey in the Zsámbék region. In 1982 the package has been further extended with a 3D migration program and with the construction of horizontal time slices. Both programs have been incorporated to the SDS-3 Soviet seismic processing system.

The migration program carries out the 3D wave equation migration in two steps (cf. Prakla-Seismos Information, No 31, 1981). The basic idea of the solution has been derived from the method of separation, well-known from the theory of differential equations (see CLAERBOUT 1976: Fundamentals of Geophysical Data Processing).

We start out from the wave equation

$$U_{xx} + U_{yy} = \frac{4}{c^2} U_{tt},$$

where

$U(x, y, z, t)$  is a function describing the wave field,

$c(x, y, z)$  is the velocity function

$x, y$  are surface coordinates

$z$  is depth coordinate

$t$  is the time variable

Let us split the wave equation to two separate equations with respect to the surface coordinates:

$$U_{xx} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz},$$

$$U_{yy} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz}.$$

---

\* Drahos E., Kilényi É., Kovács E., Märlé R., Sipos J.

The total solution can be obtained as sum of the partial solutions to the two equations. The basic idea of the two-step migration method stems from this principle: in the first step we consider the x-oriented stacked time sections of the spatial measurement grid as input data and separately migrate them with respect to the x coordinate as 2D sections. In the second step the partially migrated results of the first step are taken as input and they are once more migrated, with respect to y, to arrive at the 3-dimensionally migrated end result. There is a difference, however, between the exact splitting method and the approximate two-step algorithm: in the splitting method we have to carry out in each step of the downward continuation a rearrangement of the data with respect to the  $x \leftrightarrow y$  coordinates, while in the two-step method the data should be rearranged only once, which means a significant saving in computer time. According to published data (GIBSON-LARNER-LEVIN 1982: Efficient 3D migration in two steps. *Geoph. Prosp.* 31,1) the approximation has the greatest error if the x or y axis makes a  $45^\circ$  angle with the dip direction. If this angle is  $0^\circ$  or  $90^\circ$ , the error of the approximation does not surpass the effect of a slightly erroneous ( $+5\%$ ) migration velocity function.

We also wrote a new program for the construction of horizontal time slices that can be used to gather the amplitudes corresponding to any given time instant (GSI 3D Technology, 1980). Time slices are stored on magnetic tape in a conventional seismic trace format: the y coordinate corresponds to the time variable. Thus, all kinds of visualization or further S/N improvements available in the SDS—3 system can be applied to the time slices.

A few examples will now be presented from the results of the Zsámbék areal survey. *Fig. 62* presents three parallel N-S oriented lines (E-49, 50, 51). The boundary marked by thin line between 0.2 and 0.3 sec is either the Miocene tuff horizon, or some reflection boundary in its immediate neighbourhood. The fragmented boundary between 0.4–0.5 sec (solid line) can be identified with the Triassic basin floor. The time section contains a lot of diffraction arrivals (marked by hachures) pointing to the broken up nature of the basement. The exact location and throw of the faults, however, cannot be determined from the time sections. Even the presence of the fault (denoted only hypothetically) around the middle part of the section has been mostly concluded from the gradual energy decrease of the upper, continuous reflection. The 3D migrated versions of the three sections are presented in *Fig. 63*. On the right-hand-side of the sections from the confused diffraction picture unfolds a clear high-amplitude fault with a small trough in its foreground. Moreover, it also becomes evident on the basis of the migrated sections that the Miocene tuff horizon is also slightly affected by the fault. From the 3D migration results we can also determine the amplitude of this fault.

The time slices make possible a map-like visualization of the reflecting boundaries (*Fig. 64.*) On the series of N-oriented time slices prepared at every 20 ms



we marked the Miocene tuff horizon (solid line) and the "contour lines" of the accompanying reflections (thinner line). The dashed line denotes uncertain correlation. The series of time slices reveals the ESE dip of the Miocene tuff horizon (also supported by borehole data), the discordance of the subsequent contour lines is also clearly seen.

This can be interpreted as a slight change in the dips of the beds in the sequence. No further marker horizons can be found beneath the strong reflections near the tuff horizon even though occasionally some sporadic energy concentrations appear. On the time slice belonging to 240 ms—at the middle of the southern part of the region—the sudden appearance of an "energy block" is connected to the Triassic dolomite horst at the southern end of the sections, the energy increase in the SW corner of the 260 ms time slice is connected to another horst. Along the continuation of the fault bounding these horsts the contour line of the Miocene tuff horizon abruptly changes its direction, indicating that it had also been cut by the fault.

### **2.1.2 Seismic expedition data processing system based on the RYAD-10 computer\***

In 1982 we finished the development of the seismic data processing package of the RYAD-10-based expedition centre. Even though this development has lasted for some 5 years, and the respective steps were duly reported in the previous Annual Reports, it still seems worth while to give a general overview of the present hardware configuration and program package, all the more so since the system has been continuously working for more than two years in Greece (based on a contract of the DEP Greek National Oil Enterprise) and it has significantly facilitated the work of our field crew.

The hardware configuration is tailored to the field conditions (mountability in a cross-country truck, minimum power consumption, etc.). The present configuration consists of

- a RYAD-10 CPU of 64 kbyte memory;
- console display;
- a fixed-head system disc of 800 kbyte capacity;
- line printer;
- punched tape input/output unit;
- terminal display;
- 2 fixed discs each of 800 kbyte capacity supplied with a special seismic demultiplexing/multiplexing interface;
- 2 magnetic tape drives, 9 track, 800 bpi density;

---

\* Korvin G., Molnár I., Petrovics I., Rác Z.



- 1 magnetic tape drive, 9 track, 1600 bpi;
- a 21-track seismic input unit;
- a special processor (with array displacement, scaling, NMO, convolution operations);
- a COROLLPRESS off-line colour plotter.

The expectations concerning the software package have been gradually increasing during the development stage. In our very first plans we just wanted to have a means for the demultiplexing and for controlling the quality of the field material and for preparing simple stacking sections. Consequently, the following program system was created:

### *Seismic input programs*

Demultiplexing of the field materials recorded on 21 track or 9 track (1,600 or 800 bpi density) magnetic tapes and archivation in a prescribed trace sequential format.

### *Program package for the pre-processing*

- preparation, checking and loading onto the disc of the field parameters and other data governing the preprocessing steps;
- I/O routines for the magnetic tape drive;
- editing (mute, kill, etc.);
- static correction;
- dynamic correction;
- deconvolution;
- bandpass filtering;
- stack;
- display programs (for the COROLLPRESS).

The novel possibilities of the coloured display have been frequently utilized in the quality control of the field records for the proper selection of the VIBRO-SEIS sweep and other field parameters (see Fig. 70 in Annual Report 1981).

On the basis of the experiences of the first expedition years the preprocessing package was supplemented in 1982 with the following new procedures:

- we simplified the dialogue between the geophysicist interpreter and the machine;
- the processing was significantly accelerated by introducing multiprogramming: with the new version besides the simultaneous processing of two seismic sections one can also prepare the processing parameters of the next job;
- the preprocessing package has been extended by more sophisticated procedures that are generally only available in large processing centres

(automatic statics, wave equation migration applicable up to 45° dips, crooked line processing) so that now full-value processing can be carried out in the field.

As an example, *Fig. 65* shows a scatterogram computed for a curved profile. In the figure (scaled such that if plotted on transparent paper it can be placed directly on the map) the small squares denote the common depth points derived from the measurement geometry, the colour of the squares refers to the respective fold number. The geophysicist can construct the scatterogram even before the actual measurement or he can use it for the determination of the line of interpretation (that can be an arbitrary polygon).

The expedition centre continuously demultiplexes and checks the daily production of the crew and carries out express processing with about 2–3 days throughput time.

In 1976 the reporter of the journal "Time Break" interviewed the leading personalities of the US geophysical industry on some actual, and future questions of geophysical exploration.

The most controversial opinions were reported on the future role of the field computer (*Time Break*, Spring 1974 pp. 6–19). ELGI have had absolute faith for many years in the future of field computers—the successes of the RYAD-10 based expedition centre justify these expectations. We do hope that in a few years we will be able to report on similar successes with our new generation expedition centre based on the RYAD-11 computer.

### 2.1.3 Special processor with floating-point arithmetics\*

The special processor that had been originally designed for the real-time tasks of the R-10 mini computer has been further developed on the basis of past experiences to meet the new requirements. It has been supplied by floating-point multiplication and summation arithmetics, its internal operative memory has also been extended. In the new equipment the execution of the operations is microprogrammable, the arithmetics can be extended by floating-point division and square root options, also, the device can be optionally supplied with a disc background memory.

The basic RAM memory of the floating-point special processor (SP) is 8K×40 bit, its cycle time is appr. 70 nsec. Microprogram size 1K×32 bit PROM. Due to the microprogram controlled operation of the SP unit new modes of operation can be easily implemented. The new special processor has already been interfaced to the R-11 and R-35 computers and to the SD-20 field data acquisition system.

---

\* *Komjáthy J., Páhi L., Rajnai R., Méry T., Lazarovits Gy., Rác I*



The interface between the special processor and the R-11 has a monocommand structure, SP commands can be sent either individually or sequentially, as chains of commands. The special processor is initiated with a conventional I/O command. Having received this command, the SP reads from the R-11 memory the 9-word table commencing at the address given by the second and third command words. This table (the so-called list block) specifies the operation to be executed by the SP, the length of the array to be processed, addresses of the first elements of the input array and of the output array, in the R-11's memory. Having read these 9 words the SP executes the specified operation then generates an interrupt (IT) towards the CPU. In case of a chained sequence of commands the SP does not send the IT but reads the next 9-word list block and executes the corresponding command as well. Thus, an arbitrarily long chaining of commands is possible. No IT is generated until the end of the chain unless an error occurs. In case of chained commands the 9-word list blocks should be continuously placed in the computer's memory. Commands of the special processor

## MOV

The MOV command serves for the transfer of double-word floating-point arrays. The input array is first read into the SP's memory, then transferred to the given memory location of the main computer.

## STACK

The STACK command carries out element-wise addition of two floating-point arrays. One of the arrays should first be sent to the SP's internal memory, the other array is sent to the same SP memory location by the STACK command. Due to this command the vectorial sum of the two arrays appears at the input address of the SP.

## AVE

Computes with double-word precision the running average modulus in 32 double-word long non-overlapping windows of a given double-word array. The number of words in the result array is  $1/32nd$  of that of the original array:

$$A_m = \frac{\sum_{n=32}^{32m+31} |A_n|}{32}, \quad m = \frac{n}{32},$$

$A_n$  =  $n$ th element of the input array

$A_m$  =  $m$ th element of the output array

$m$  = number of words in the output array

$n$  = number of words in the input array.



## FLL

The FLL command is used to fill the parameters into the internal memory of the SP. The number of parameters is loaded into the parameter number counter, the beginning address to the parameter address counter.

## SCL

The SCL (scaling) operation can be used for the programmed amplitude control of seismic traces. The scaling function, which is given for every 32nd sample, should be first loaded to the SP's internal memory by means of the FLL operation. The SCL operation linearly interpolates between the given values of the scaling function and multiplies term by term the values of the input data array by the corresponding scaling factor:

$$K_m = K_i - \frac{K_i \cdot l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad \begin{matrix} l=0 \dots 32 \\ i=0 \dots I \\ m=0 \dots M \end{matrix}$$

$$Y_m = X_m \cdot K_m$$

where

$X_m$  is the  $m$ th element of the input array

$Y_m$  is the  $m$ th element of the output array

$K_i$  is the  $i$ th element of the scaling function prescribed at every 32nd sample

$K_m$  is the  $m$ th interpolated value of the scaling function.

## NMO

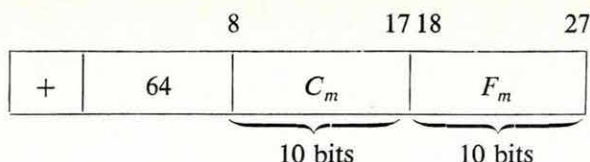
The operation carries out the normal move-out correction of seismic traces. For any output value the discrete value of the correction to be applied is determined by linear interpolation from a prescribed NMO function described for every 32nd sample. Prior to the NMO command, the correction function should be loaded into the SP's internal memory by means of an FLL command. The correction function has the format

|   |    |   |
|---|----|---|
| + | 64 | M |
|---|----|---|

The first 10 bits of the mantissa form the address correction term  $C_m$ , the following 5 bits yield an amplitude multiplier factor  $F_m$ . Let us denote the value of the correction belonging to the  $m$ th output element by  $K_m$ :

$$K_m = \frac{K_i(32-l) + K_{i+1} \cdot l}{32} = K_i - \frac{K_i \cdot l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad l=0,1 \dots 31$$

During interpolation the summing arithmetics does not normalize the results. After interpolation the  $K_m$  correction value assumes the form:



The value of the  $m$ th element of the output array is

$$D_m = A_n(1 - F_m) + A_{n+1}F_m = A_n - A_nF_m + A_{n+1}F_m,$$

where  $n = m + C_m$ ,  $A_n$  denotes the  $n$ th element of the input array.

The final result is a normalized floating-point number.

## REK

The operation can be applied for the recursive filtering of seismic traces. Filter points should be first loaded into the internal SP memory by means of an FLL command. Denoting by  $Y_k$  ( $k=0, 1, \dots$ ) the output data, by  $X_k$  the input data, and by  $C_i$  ( $i=1, 2, \dots, I$ ) the filter points the recursive filter realizes the expression

$$Y_k = X_k + \sum_{i=1}^{I-1} Y_{k-i} \cdot C_i.$$

## CNV

The operation carries out convolution filtering of seismic traces. Sampled values of the filter response function should be loaded to the internal memory by a FLL command. If  $Y_k$  ( $k=0, 1, \dots$ ) denote output data,  $X_k$  the input data, and  $C_i$  ( $i=0, 1, \dots, I$ ) are the filter points, the filtering is carried out according to the formula

$$Y_k = \sum_{i=0}^{I-1} X_{k-i} \cdot C_i.$$

The operation can be also applied for the computation of correlation.

## OTT

The operation serves to erase a given part of the internal memory of the SP, beginning from a given address.

## ORE

This is equivalent to the subsequent use of an OTT and a REK command.

Subsequent use of an OTT and a CNV command.

## FFT

The Fast Fourier Transform operation transforms a given set of data into a complex-valued set in the frequency domain, according to the formula

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n)W_N^{2nk} + \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n+1)W_N^{(2n+1)k},$$

$$W_N^2 = [e^{-j(2\pi/N)}]^2,$$

where

$X(k)$  is a complex-valued data series as a function of frequency;

$x(n)$  is the input time series;

$n=0, \dots, N/2$ ;

$N$  is the word number of data.

In an optional configuration the floating-point SP is supplied with an interface that connects a (shockproof) 2.5 Mbyte disc drive to the SP's internal bus. This 2.5 Mbyte disc serves for the SP as a background memory. This is especially advantageous for the processing of large data sets when partial results can be stored on the disc so that the monobus and the operative memory of the R-11 is relieved of data transfers. If the SP has to write the partial result onto the disc or if it obtains the input data from the disc, this should be duly specified in the command block. In case of a disc operation the special processor is busy, and keeps on being busy, until the disc accomplishes data transfer. The data are temporarily stored on the disc in a double-word floating-point 2's complement format.

### 2.1.4 Interfacing of the special processor to the R-35 computer\*

Our R-35 based geological-geophysical computer centre was supplemented in 1982 by a new floating-point special processor, developed in ELGI. In the different stages of geophysical data processing vast amounts of data are frequently subjected to correlation analysis and similar tasks. It is well known that—assuming elements of similar degree of integration—these operations can be carried out some 20–100 times faster by means of an appropriate hardware device than by software. Keeping this in mind, the frequently occurring tasks should be carried out by a task-oriented hardware (array processor).

\* Kaszás M., Csontos F., Gyurasits T., Zong L.



To achieve this goal we interfaced our special geophysical processor (that had originally been designed for smaller computers) to the R-35 computer.

Basically, there are three ways of interfacing a special processor to the main computer:

- The set of commands of the computer is extended by matrix operations (e.g. the matrix module of the R-55). The advantage of this solution is that it only requires an extension of the set of commands of the central processor; the drawback is, however, that both the processor and the operative memory stay busy during the execution of the matrix operations so that they are not available for other tasks.
- The application of an array processor without its own memory (as the IBM 2938, or the ES 2335 etc.). The drawback of this solution is that during its operation the array processor occupies the operative memory so that the CPU is only ineffectively devoted to other tasks. Also, this solution necessitates the incorporation of an additional DMA channel.
- The application of an array processor having its own memory, interfaced as a peripheral to the main computer (a typical example is the IBM 3838, there are also several known solutions for smaller machines). The extra cost of the memory is amply counterbalanced by the fact that the CPU is not busy except during the execution of the initiation command, the operative memory is also free but for the time of the I/O data transfers and therefore the whole computer with all of its resources can be dedicated to other jobs.

In interfacing ELGI's special processor (SP) to the R-35 we selected the third route. The solution is universal: the interface can be connected to any selector channel of the RYAD I, RYAD II series or of the IBM 360 and 370 systems. On our own R-35 we interfaced the SP to the 4th selector channel, as shown by Fig. 66. We have succeeded to achieve a more than 1 Mbyte/sec transfer rate. We have found it reasonable that no more peripherals be attached onto this selector channel.

The SP is activated by conventional IBM peripheral calls (by means of SIO, TIO, TCH commands). After the acceptance of the call command the control is taken over by the channel, the channel commands are interpreted by both the channel and the interface card. This, however, only assures the I/O operations of the SP as a peripheral. By means of a single call (EXCP) we can prescribe a chain of channel commands consisting of not more than 256 terms (CCW-s), that is there are at most 256 different operations to be carried out by the special processor as a result of a single call. The channel command words contain all necessary information for the execution of the I/O operation: type of the operation, beginning addresses of the I/O data sets in the virtual memory,

block lengths, etc. The command code of the desired operations and all relevant information for the proper functioning of the SP (the list-words described in Section 2.1.3) are forwarded to the SP by a normal write operation of the selector channel. The separation of the received information into a control- and a data block is made in the interface unit.

Termination of data transfer is signalled by the interface to the SP, and the SP independently carries out the prescribed operations on the data set stored in its own memory. Meanwhile, both the CPU and the resources of the R-35 can be freely utilized by other jobs. Having finished all prescribed operations, the interface initiates an IT in the 4th selector channel and the control returns to the user's program as in the case of standard IBM peripherals.

### *Program support of the SP interface*

The SP can be called, on the R-35, at the following four program levels:

- a) physical input/output management (not advised)
- b) by means of the handler made in ELGI
- c) by means of ELGI's GVPS (Geophysical Vector Processing System)
- d) through the SDS-3 seismic program package.

a) As all peripherals, the SP can be reached by direct physical I/O handling. In this case the user himself has to take care of all the necessary tasks in order to ensure the proper functioning of the device, and this may involve an unnecessary amount of programming.

b) The SP handler made in the ELGI creates a connection between the SP and the user, that is it carries out all tasks that are necessary for the control of a peripheral:

- it creates and activates the control blocks required by the operating system (processor control block, device control block, etc.);
- it generates the channel command-word chain according to the user's specification;
- it checks whether the user asks for a bona fide operation (operations on oversized blocks, overflows and underflows, nonexisting addresses, non-existing operation codes, etc., are excluded);
- it senses the "end of operation" situation, returns the control to the original program, detects eventual errors;
- the handler also contains special routines for the above-mentioned parameter checking functions.

The operational logic of the handler can be characterized as follows:

- its basic operational system is the OS/VS1,
- it can be used without any changes in the following operating systems: OS/MFT, OS/MVT, OS/VS2,



- it can be used with minor modifications in the DOS and DOS/VS operating systems,
- it ensures a multiprogramming regime from the point of view of the SP (several programs can simultaneously use the SP).

If the user does not want to deal directly with the handler, the handler will be "transparent" for the user. The SP performs all operations on short floating-point numbers (standard IBM R\*4 format). All computational routines are written in FORTRAN.

c) The Geophysical Vector Processing System (GVPS) of ELGI is a software system providing a higher level connection between the user program and the SP and, consequently, greatly simplifying the explicit geophysical applications of the SP. The development of the GVPS system is still in progress, to date the following functions have been finished:

#### *Vector-vector addition (ADV VH)*

The operands of this operation are floating-point normalized arrays. With the present configuration of the SP the joint data size should not exceed 8K words. The mathematical operation realized is

$$U(i) = X(i) + Y(i) \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

#### *Correlational multiplication (COR FH)*

Operands to this function are floating-point normalized arrays, the size of the operational arrays is given by

$$K = N + M - 1.$$

where

$N$  — length of the filter function

$M$  — length of the time series

$K$  — length of the results.

Memory requirement is  $K + N + M = 2(N + M) - 1$ , that is  $2(N + M) - 1$  should be less than 8K. Mathematically, the computed result is

$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(j) \cdot A(i+j-1) \quad 1 \leq j \leq M.$$

#### *Convolutional multiplication (CON VH)*

Operands to this function are floating-point normalized arrays. Memory requirement is  $2(N + M) - 1$ , where  $N$  is the filter length,  $M$  the length of the time series. Convolution is realized by the sum of products



$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(i) \cdot A(i-j+1) \quad 1 \leq j \leq M.$$

#### *Vector-scalar division (DVSH)*

Operands to the function are an array of floating-point normalized numbers and a floating-point scalar variable. In the basic configuration the size of the array is limited to 4K words. The operation realized is

$$U(i) = A(i) : P.$$

#### *Vector-scalar multiplication (MVSH)*

Operands to the function are an array of floating-point normalized numbers and a floating-point scalar variable. In the basic configuration the size of the array is limited to 4K words. The operation realized is

$$U(i) = A(i) \cdot P.$$

#### *Vector-vector subtraction (SVVH)*

Operands to the function are floating-point normalized arrays. In the basic configuration the joint size of the two arrays is limited to 4K words. The operation realized is

$$U(i) = A(i) - P(i).$$

It should be noted that during the performance of the SP

- all hardware resources of the main processor are available to jobs running in other partitions;
- the operation of WAIT is asynchronous, that is while the job is running the SP can perform some other tasks as well (e.g. data preparation for a subsequent operation);
- by changing a single flag, the work of the SP is carried out by an appropriate software routine executing a similar algorithm.

d) The parametrization of the GVPS routines agrees with the conventions of the seismic subroutines of the SDS—3 package (developed by the Central Geophysical Expedition of the International Oil and Gas Coordination Centre, USSR), that is the GVPS routines are directly applicable in the SDS—3 package. As sketched in point c), the user has to change a single card in his deck to ensure the automatic application of the GVPS—SP subsystem within the SDS—3.

A few words on the increase of the data processing efficiency when applying the SP:

The functioning of the system is basically different with and without SP:

- the application of the SP requires certain additional system activities (since the SP should be handled as a peripheral);
- the input/output operations also require a small amount of additional time;
- during the actual work of the SP, however, the whole complex—including the processor and the operative memory—is freely available to other geophysical jobs of a similar nature. The increase of the efficiency should be estimated by the decrease in CPU time rather than by the decrease of the total start/stop time.

The following measured data illustrate the efficiency of the SP. To characterize the speed of the hardware, it should be mentioned that a typical convolution (103 filter points, 2,000 samples per trace) is about 73-times as fast with the SP than by software. Of course, this only takes care of the hardware acceleration and does not take into account additional system times, or the advantages due to the availability of the whole complex during the work of the SP. For the FILVTX time-variant band-pass filtering routine of the SDS-3 system the application of the SP has resulted in a reduction of the CPU time by a factor of 26.

This value already contains the appropriate corrections for those parts of the computations that do not use the SP, for additional system activities and the I/O operations.

### **2.1.5 Rock stress measurements in the lower coal seam of the Csordakút Mine\***

A significant part of the coal resources of the so-called "Eocene coal basins" lies immediately below a thick-bedded freshwater limestone. It is a common experience that the presence of this thick, brittle limestone bed in the roof greatly increases the danger of rock bursts following mining activity. Rock burst prevention requires, beyond the proper safety measures, special winning techniques that either avoid the dangerous accumulation of rock stresses or contribute to a controlled displacement of the accumulated stresses. Both solutions require the monitoring of the development of rock stresses in the wider foreground of the winning front with such accuracy that has been unattainable with previously used techniques.

Solution to this problem came by the recognition of the fact that a close relationship exists between rock stresses and the velocity of the seismic waves

---

\* Bodoky T., Dianiska L., Hermann L., Körmendi A.



propagating through the rock. By means of repeated seismic velocity measurements one can trace the changes that occur in the stress conditions of the rock. Starting out from this principle ELGI, together with the Research Dept. of the Mecsek Coal Mines have jointly developed the "seismic transmission" method, already described in Annual Report, 1980.

The essential feature of the "seismic transmission" method is that the transit times of the seismic waves are measured along many raypaths crossing each other. Both the wave sources and the observation points are situated along the boundary of the area in question, so that the velocities measured along the individual raypaths can be considered as projections of the velocity distribution of the investigated domain. From these projections one can determine the velocity distribution by means of source image reconstruction technique. Our solution is based on an improved version of the iterative ART (Algebraic Reconstruction Technique) method, where it is taken into account that the raypaths are not necessarily straight lines, that is in each iteration step the transit times should be computed along curved raypaths corresponding to the assumed velocity distribution.

In the so-called "Eocene Coal Region" the seismic transmission method has been first applied to rock stress monitoring in the Csordakút Mines. First we construct a reference velocity distribution map after drifting the addit but before the extraction has been commenced, then, as the coalface proceeds forwards, we carry out at regular intervals measurements in a zone, about 50 m ahead of the coalface between the haulage road and the airway. When comparing the results of the repeated measurements with the reference map we could make a clear distinction between the geological factors and the effects due to mining activity.

The measuring system has been jointly designed and built by ELGI and the Mining Geology Dept. and the Csordakút Mine of the Tatabánya Coal Mines. Receivers consisted of GDR-made piezo crystals built in a cylindrical metal housing together with the preamplifiers. They were placed in appr. 0.6 m deep holes drilled into the sidewall of the roads along the midline of the seam. Receivers and energy sources were placed horizontally 4 m apart. Signals were sent up from the mine to the recording equipment on the surface through a standard 54-core mining telephone cable of 1,800 m length. For surface recording ELGI's ESS-01-24 type engineering seismic equipment was used. Energy was initiated by hitting rock bolts placed in the middle of the seam by hammer. Generally, a recording was the sum of 16-20 individual blows.

Since we could measure a 50 m long section during the rest periods of the changes of shift, there was no need to stop production.

In the course of processing the determination of first arrivals was arrived at visually, all further tasks, including the plotting of the velocity distribution map, have been left to the computer. The anomalies of the velocity distribution



maps can be reduced to geological and mining factors. Some of the results and their interpretation will be illustrated by a few examples:

a) Velocity anomalies due to geologic factors: A part of the reference velocity distribution map of a winning district is shown in *Fig. 67*. The coalface advances appr. 50 m before the presented section. There is a clear-cut interdependence between the velocity distribution and the microtectonics revealed later during winning, for example the velocity high in the left lower corner is connected to a small-amplitude horst, the velocity low around the middle is due to a similarly small trough.

b) Velocity anomalies caused by the mining activity: *Figures 68 and 69* show two repeated measurements, obtained the same place as the reference map. When comparing the three maps it is clearly seen that further ahead of the coalface there is an increase in velocities, i.e. stresses and this is confirmed by the experience of mining engineers. In point of fact a zone of increased stress precedes the progressing coalface while immediately in front of it there is a sharp decrease in stress.

The velocity distribution map (*Fig. 70*) shows a sharp velocity peak 17 m from the coalface, the velocity increase being almost 30% as compared with the reference distribution. This velocity (stress) maximum occurs near a fault of approximately 1 m throw being a typical example for a "pinched-in" seam ("Einklemmung"), considered in mining literature as potentially dangerous for rock bursts. The velocity distribution of *Fig. 71* shows an example for the velocity (stress) anomalies that are generated if the coalface approaches a roadway. At both sides of the prospecting drift, some 15 m away from the coalface, we find an unambiguous velocity increase. *Figure 72* presents the results on a map of two parallel surveys where we carried out simultaneous measurements both before the coalface and in the adjacent winning district which was under preparation. Even though the presented velocity distribution map has been affected by other factors as well (e.g. by the pillars left over in the upper levels), we can still recognize the increased velocity zone along the line of the coalface due to translocated stresses. This zone caused serious damage to the drift the day following the measurements.

As proved by these examples, the method of seismic transmission is a convenient, reliable means for monitoring the development of the stress conditions in mines. The receiver system, whose individual elements are only very slowly moved forward in pace with the advancement of the coalface, can serve as a basis—with a proper instrumentation background—for the observation of spontaneous acoustic emissions in order to predict rock bursts.

## 2.2 GEOELECTRIC METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH

### 2.2.1 Computation of multifrequency electromagnetic sounding curves\*

A basic mathematical problem that has arisen in the development of the multifrequency electromagnetic method with inductive coupling (cf. Annual Rept. for 1980) is the computation of the field due to a horizontally layered model. The theoretical questions connected to the mathematical solution have been clarified in 1977–78, in cooperation with the group of V. I. Dmitriev at the Lomonosov State University, Moscow. The integrals, containing Bessel functions, figuring in the computational formulae were first approximated using the set of filter coefficients derived by Kaszás (ELGI) which had been found sufficiently accurate for the dc problem. Later, we recomputed the integrals using the coefficients published by Anderson (1979) and by Koefoed. The computed set of curves could be used to check the resolving power of the method. At the same time theoretical problems connected with the use of the Maxi-Probe EMR-16 device demanded the checking of the accuracy of the computed curves and to extend the range of induction numbers where the computations are within given error limits.

The filtering method—where the original integral is substituted by a quadrature formula—does not yield any information on the accuracy of the computation of the value of the integral. In 1980–82 we developed a procedure for numerical integration, together with the corresponding program for the R-35 computer, which computes the values of the integrals with a prescribed accuracy. Comparison of the different programs has given the possibility to determine the respective errors of the different filtering procedures and to select for each problem the most appropriate integration method depending on the required accuracy.

---

\* Práczser E., Szigeti G., Szabadváry L.

*Electromagnetic field of a vertical magnetic dipole placed on the surface of an  $n$ -layered medium*

The following computational formulae are the final results of the theoretical considerations and mark the beginning of the subsequent computer programming:

$$E_{\varphi} = -\frac{3IS}{2\pi\sigma_1 L^4} \left\{ 1 - e^{-\frac{2\pi r}{\zeta}(1-i)} \left[ 1 + \frac{2\pi r}{\zeta} (1-i) - \frac{8\pi^2 r^2}{3\zeta^2} i \right] - \right. \\ \left. - \frac{2}{3} r^4 \int_0^{\infty} \frac{\beta_1 b_1 (t - \beta_1) t^2}{(t + \beta_1) + (t - \beta_1) b_1} J_1(r \cdot t) dt \right\},$$

$$H_z = \frac{9IS}{2\pi i \omega \mu \sigma_1 L^5} \left\{ 1 - e^{-\frac{2\pi r}{\zeta}(1-i)} \left[ 1 + \frac{2\pi r}{\zeta} (1-i) - \frac{32}{9} \frac{\pi^2 r^2}{\zeta^2} i - \frac{16}{9} \frac{\pi^3 r^3}{\zeta^3} (1+i) \right] + \right. \\ \left. + \frac{2}{9} r^5 \int_0^{\infty} \frac{\beta_1 b_1 (t - \beta_1) t^3}{(t + \beta_1) + (t - \beta_1) b_1} J_0(r \cdot t) dt \right\},$$

$$H_r = \frac{IS i \omega \mu \sigma_1}{16\pi L} - \frac{IS}{2\pi h_1^3} \int_0^{\infty} \left[ \frac{(1 - b_1) \beta_1 t^2}{(t + \beta_1) + (t - \beta_1) b_1} - \frac{t^2}{2} + \frac{k^2 h^2}{8} \right] J_1(tr) dt,$$

where

- $L$  [m] — transmitter-receiver distance  
 $\omega$  [1/s] — angular frequency of the transmitter ( $\omega = 2\pi f$ )  
 $I$  [A] — current strength in the transmitting coil  
 $S$  [m<sup>2</sup>] — area of the transmitting coil  
 $\mu$  [Vs/Am] — magnetic permeability (taken as  $\mu = 4 \cdot 10^{-7}$  Vs/Am in each medium)  
 $\sigma_i$  [1/ $\Omega$ m] — conductivity of the  $i$ th layer ( $\varrho_i = 1/\sigma_i$ )  
 $h_i$  [m] — thickness of the  $i$ th.

I.e. the quantities derived from the above:

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{8\pi^2}{\omega \mu \sigma_1}} = \sqrt{\frac{10^7 \cdot \varrho_1}{f}} \quad \text{wavelength in the first layer } (k^2 = i\omega \mu \sigma_1)$$

$$\zeta = \frac{\lambda_1}{h_1}, \quad r = \frac{L}{h_1}, \quad \gamma_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_1}, \quad \nu_m = \frac{h_m}{h_1} \quad \text{are dimensionless normalized quantities.}$$

The factor  $b_1 = b_1(t)$  figuring in the kernel functions of the previous integrals can be computed from the layer parameters ( $\varrho_1, \varrho_2, \dots, \varrho_n$ ) and ( $h_1, h_2, \dots, h_{n-1}$ ) by means of the recursive formula



$$b_m = \frac{(\beta_m - \beta_{m+1}) + (\beta_m + \beta_{m+1}) \cdot b_{m+1}}{(\beta_m + \beta_{m+1}) + (\beta_m - \beta_{m+1}) \cdot b_{m+1}} \cdot e^{-2\beta_m v_m},$$

$$b_n = 0 \quad m = n-1, n-2, \dots, 1$$

$$\beta_i = \sqrt{t^2 - i \frac{8\pi^2 \gamma_m}{\zeta^2}} = \sqrt{t^2 - i \frac{8\pi^2}{10^7} \cdot f \cdot \sigma_i h_1^2},$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

In the above equations, for the components  $E_\varphi$  and  $H_z$  the first term describes the homogeneous half-space, in case of  $H_r$  the first term itself has no special physical meaning, it stems from the integration of the asymptote of the kernel function for large values of  $t$ .

To realize the above formulae on a computer we have to find an algorithm in order to numerically evaluate the integral expressions. A theoretical difficulty arises from the fact that, since the numerical integration can obviously proceed only between finite limits  $(0, N)$  instead of  $(0, \infty)$ , we must find an efficient estimation for the rapidly oscillating remainder term. A second problem is a practical one in as much as the recursive computation of  $b_1$  (which involves complex quantities) is very time consuming and the computation time linearly increases with the number of layers. The first problem has been solved by an estimation relating to Leibniz type series for sufficiently large values of  $N$ , when the kernel function monotonously tends towards zero and the Bessel function can be substituted by its asymptotic form; the second problem was tackled by the combined use of the Simpson and Filon integration formulae. This last solution has the advantage that for large values of  $r$  the oscillation of the Bessel function—which is more rapid than the changes of the kernel function—can be taken into account in an analytical form.

Table III compares, the  $H_z/H_r$  curves, computed for a given model, by three different filtering methods and numerically. The relative error of the results of the "numerical" column is  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-4}$  which is by an order of magnitude less than the relative deviations between the different columns, therefore it can be used to estimate the error of the other columns. Among the filtering methods the Anderson filtering is the most accurate in a wide range of induction numbers, consequently in those problems where the induction number does not vary within very wide limits (e.g. design of the survey parameters) the curves can be generated by means of this method. In other cases, where we have to produce very accurate results even at high frequencies (e.g. the determination of minimal penetration depth) we use the thrice as slow, more expensive numerical method.

Fig. 73 shows a set of two-layer master curves, the parameter of the curves is the resistivity of the high conductivity second layer. The curves have been

computed by means of filtering and were numerically checked at higher frequencies. The difference between the two methods was negligible.

| $f$    | Koefoed filter | Kaszás filter | Anderson filter | Szigeti numerical |
|--------|----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 707    | 1.548          | 1.540         | 1.553           | 1.541             |
| 1,000  | 1.403          | 1.380         | 1.390           | 1.379             |
| 1,414  | 1.301          | 1.268         | 1.277           | 1.271             |
| 2,000  | 1.219          | 1.189         | 1.196           | 1.192             |
| 2,828  | 1.130          | 1.115         | 1.123           | 1.115             |
| 4,000  | 1.022          | 1.017         | 1.036           | 1.029             |
| 5,650  | 0.903          | 0.919         | 0.931           | 0.927             |
| 8,000  | 0.786          | 0.815         | 0.819           | 0.818             |
| 11,300 | 0.679          | 0.707         | 0.704           | 0.703             |
| 16,000 | 0.583          | 0.586         | 0.586           | 0.587             |
| 22,627 | 0.506          | 0.454         | 0.462           | 0.464             |
| 32,000 | 0.518          | 0.321         | 0.326           | 0.331             |
| a.     | 56%            | 3%            | 1.5%            | —                 |
| b.     | 53             | 31            | 283             | —                 |
| c.     | 53             | 31            | 37—69           | 64—300            |

Таблица III. Comparison of  $H_z/H_r$  curves computed by different filtering methods and numerically. The model used for computations is found on page 120

a — maximum error for  $f=3,200$  Hz; b — number of filter coefficients; c — number of samples of the kernel function (to compare the computing times)

## 2.2.2 Archeological exploration\*

Recently, geophysical techniques have become more and more widespread in archeological exploration, worldwide and in Hungary as well. After a number of successful surveys (see e.g. Annual Report, 1979) the Central Office of Geology and the Archeological Committee of the Hungarian Academy of Sciences has launched a joint project in 1982 for the application of geophysical methods in archeological studies. We carried out surveys over selected sites using those well-established surface geophysical techniques that had been originally invented for mineral exploration but could also be applied for archeological studies.

In the *Kapospula-Alsóhetény* exploration site we had to trace a fragment of a Roman limestone fortress wall buried under 0.7–1 m thick soil. Downwards, the wall extended a few metres. There was a large specific resistivity contrast between the limestone wall and the soil so that we succeeded to locate the wall sections by resistivity profiling (Fig. 74). From the wall sections—taking into account the archeological knowledge on the architecture of Roman fortress

\* Csathó B., Csókás J. (Univ. of Heavy Industry, Miskolc) Pattantyús M., Simon A.



walls—we could reconstruct the location of the fortress walls. The resistivity profiling has provided such unambiguous, reliable results that—in the opinion of our archeologist partners—there was no need to check them by a trial trench.

Another survey was carried out in the outskirts of *Aszód* where we were given the task to map an annular trench of some 60–80 m diameter and a few m width and depth, buried under some 0.5–1.0 m of soil. The resistivity contrast between the clayey–sandy soil and the contemporary filling was only 10–30%. The object—due to its relatively large dimensions—could be fairly reliably delineated by resistivity profiling. In 1983 the Archeological Institute plans an oriented ditching, after further geophysical measurements.

One of our most difficult tasks in 1982 was the tracking down of some buried pit-dwellings, graves and pits below a 0.7–1.6 m soil cover. While the resistivity contrast between these objects and their vicinity was again 10–30%, their horizontal dimensions have not exceeded a few metres. Such measurements were carried out by ELGI around *Balatonmogyoród–Hidvégpusztá* and *Aszód*, and by the Geophysical Department of the University of Heavy Industry at *Tiszaújlak*. In the detection of some of the ancient dwelling places we could utilize the magnetic effect of the buried remnants of materials from ovens and fireplaces. The surveys consisted of resistivity mapping along a dense grid, with additional magnetic mapping in some places. The graphical visualization and the necessary filtering of the resistivity sections and maps were performed by special routines incorporated into our field processing package based on the HP 9845S desk-top computer (“EIS”, see 2.2.3.). The maps reveal certain anomalies which—on the basis of their extension and frequency—are very likely connected to the archeological objects sought for. Of course, we can not judge the successfulness of this project until the excavations planned for 1983 will have been accomplished.

The adaptation of the radio-frequency method and instrument for archeological studies has begun with some preliminary theoretical considerations and instrument design, at the University of Heavy Industry and at ELGI. The positive results of the field experiments justify the continuation of them.

### **2.2.3 An interactive computer system for geological—geophysical exploration (the EIS System)\***

During the various stages of geological—geophysical exploration one obtains a vast amount of data concerning the study area. The handling of these data, the retrieval of information according to different aspects cannot be imagined without up-to-date computer techniques.

---

\* *Hornung P., Kelemen Z., Tóth Cs., Szabadváry L.*



ELGI has developed a computerized Exploration Information System (EIS), briefly summarized in Annual Report, 1979. Here, we present a more detailed description of the system, together with the recent developments. The system is based on the HP 9845 S type microcomputer. The configuration consists of a 64 Kbyte central memory, magnetic tape drives and floppy discs, a plotter and a digitizer. All these can be mounted in a cross-country vehicle so that the field computer centre is easily transported and directly used at the survey site. If necessary, a communication network (data transfer) can be established between the field computer and ELGI's R-35 centre.

The basic element of the program system is a data management module. Its task is reading, editing, storing and retrieval of the data. The data come from different sources:

- from boreholes (geological data, information on the productive formations),
- from geological mapping at the surface (e.g. outcrops),
- from geophysical profiles,
- from interpreted geophysical data points.

Data are either entered from the keyboard or, in case of maps, topographical and geological data can be directly fed to the machine by the digitizer. During digitization the coordinates of the selected points and lines of the map are electronically sensed and automatically sent into the computer. Data can be either textual (e.g. the formation names in a borehole) or numerical (for instance the depth of the respective layers).

A basic property of the microcomputers is their interactivity: there is a continuous dialogue between the machine and its operator during the run of a program. This offers fast, versatile data management. The data bases are built in a keyed structure, that is all data belonging to a given record (say, borehole) are directly accessible with respect to the corresponding identifier (key). The structure of the data base is flexible, it is always tailored to the exploration problem and to the specifics of the data. Data can be stored point-wise, along profiles or grids. If the data base contains borehole data, information pertaining to a given hole can be separately printed out as a borehole sheet. The format of these data sheets are also flexible. Data sheets first appear on the graphical screen then hard-copied by the line printer. As an illustration, *Figs. 75–78* present a series of data sheets corresponding to a borehole of the Máza-south exploration site. The first sheet (*Fig. 75*) contains a summary table of the productive layers for different mining levels, together with the geological column. The second sheet (*Fig. 76*) shows the deviation of the hole as viewed from above and in profile. The third and fourth sheets (*Figs. 77 and 78*), present respectively, the coal seams and compile their most important quality characteristics (calorific value, ash content, cokability, etc).

The graphical visualization of the borehole data base provides a high-accuracy sketch of the section. The geologist or geophysicist can use this sketch as a working copy and conveniently superimpose his interpreted section. In case of a significant deviation of the borehole, they are plotted accordingly. Optionally, the corresponding geological formations can be correlated by a best fitting surface.

The most informative way of graphic visualization is the contour-line or the 3D display. Both methods require that the input data should be available along a regular grid. For the application of these programs we have to transform the original irregularly spaced set of data of different accuracy into the points of a regular lattice. This is done by means of interpolation, that is by fitting the given points by smooth surfaces. This procedure creates a map that stays close to the actually measured values, yields realistic contour lines and a reliable correlation between the actual observation points. This map, of course only relies on information that can be found in the original data base.

The constructed map obviously does not show the presence of such faults which would be only plotted on a hand-made map on the basis of geological considerations, but are not indicated by borehole data. The existence of such faults should be communicated to the machine in terms of well-defined quantitative information (e.g. when digitizing the sections). A map constructed by the EIS system has already been shown by Fig. 12 of Section 1.1.2, for the Csordakút bauxite occurrence at the southern part of the Gerecse Mts. The map shows the location of the boreholes, other kinds of mapping information (contour lines of the outcrops, sketch of the survey profiles, etc.) can be also represented.

The 3D axonometric plots start out from the same regularly spaced data points as in case of contour line plotting. The axonometrically viewed surface can be coloured according to the heights of the surface points or according to the values of some other data set defined on a similar, regular grid. Fig. 13 of Section 1.1.2 shows the axonometric picture corresponding to Fig. 12.

In one of the plots the colours denote basement depths, in the other plot red colour emphasizes the presence of bauxite deposits.

Three-dimensional displays are mainly used for a quick inspection or as aid for decision making. Beside the axonometric version we can also make perspective plots from an arbitrary visual angle. We can even make stereoscopic pairs of pictures that give a three-dimensional image when viewed through a stereoscope.

In course of the applications the original A/3-sized plotter of the HP has frequently proved to be too small. We developed therefore a computerized mapping software package (CMS) for the VERSATEC plotter of ELGI's R-35 centre. Input data to this package are previously reduced to a regular grid on the small computer. Since data transfer between the two machines is very in-



convenient from the point of view of the field computer, this solution is mainly used for final reports and documentation. For example, a series of such large-sized and high accuracy maps were attached to the summary report of the Máty-Zsámbék reconnaissance survey, a reduced example being reproduced as *Fig. 79* (thickness of the Eocene deposits, colouring made manually).

The application of the EIS system for the coordination of the various geophysical methods in an integrated exploration project will be illustrated by a case history. *Fig. 80/a* shows three horizons constructed on the basis of two exploratory drillings. Borehole Cs-316 hit bauxite (BxA) below the coal (CE). To trace the extension of the bauxite—in the detailed exploration stage—electromagnetic frequency sounding was made along the section. On the basis of the sounding data (*Fig. 80/b*), layers of different specific resistivities were determined. The results suggest the presence of bauxite between the two boreholes. The two further holes that had been drilled in between have actually hit bauxite and more accurately delineated the deposit (*Fig. 80/c*).

Special subroutines of the EIS system can also be used for the tasks of mining and mine design. The data sheets of *Figs. 75–78* were constructed for the Mátya region keeping in mind the special demands of mine design (and the preceding resource estimates). The prospecting of the bauxite lense No. V. of Iharkút was also connected to a mine design problem. The bauxite is situated in karstic hollows along a tectonic line. The axonometric picture of the bauxite lense is shown in *Fig. 81/a*, its cross section in *Fig. 81/b*. The resource estimate computed from the data set is shown in *Fig. 81/c*.

In the last years the EIS system has found a wide range of applications in solid mineral exploration (in cooperation with engineers, geologists, and mining experts):

- In the Eocene Program (Máty-Zsámbék), a contract from GEOMINCO and the Design Office of the Dorog Coal Mines;
- Bauxite exploration (Bakonyoszlop), a contract from the Bauxite Exploration Enterprise;
- Liassic Program (Máty-Váralja), a contract from the Central Office of Geology;
- Brown coal exploration (Dubicsány), a contract from the Central Office of Geology and the Coal Mining Information Service;
- Geophysical Exploration in Baden-Württemberg, a contract from Brigitte und Elwerath Co. (FRG);
- Bauxite exploration in Csordakút, a contract from the Tatabánya Coal Mines.



### 2.2.4 New instruments of the DIAPIR family\*

The D-10/R and DIAPIR-DP instruments (marketed under the final names D-10R and DIAPIR-18, respectively) have already been presented in the Annual Report, 1981. Recently, a new instrument version, the DIAPIR-18A has been developed, where the termination of the primary signal starts the IP measurement. These instruments were also supplemented by a set of transmitters of various power. Thus, we now have a family of instruments whose members can be economically used for the solution of a wide range of exploration tasks. Most important members of the family are introduced in *Figs. 82 and 83*, some of the experiences gained with long term field work will be presented below.

The effectiveness of the signal/noise ratio improvement techniques (integration over a long time interval and weighted summation) has been analysed by comparative measurements. Apparent specific resistivities obtained by individual, point-wise measurements with the DIAPIR-E equipment were taken as reference values. By taking separately the averages of these values, and those of the weighted averages of the integral means obtained by the DIAPIR-18, we derived specific resistivity data that could be considered as exact values. The error distribution diagram of *Fig. 84* shows the histogram of the deviations from these mean values. Taking into account the different current strength of the two kinds of measurement, and the distribution of the errors, it can be stated that the applied techniques resulted in some 20-fold S/N improvement.

Similar experiments were made with respect to the IP parameters on the occasion of a Bulgarian instrument show and during comparative measurements. The section shown in *Fig. 85* was first measured by an IP instrument without S/N improvement facilities, that required a current strength  $>20$  A. The DIAPIR-18 measured the same resistivity- and IP values within 1%—utilizing only 0.1 A! Over the peak of the anomaly we measured in a wide time range the dynamic polarizability ( $\tilde{P}_t$ ), using first a 200 W transmitter then, to prove the versatility of the equipment, a high-power transmitter (GU-30 kW) controlled by the DIAPIR-18. The difference of the  $\tilde{P}_t$  values obtained from the two measurements did not exceeded a few tenth of a percent in spite of the twentyfold difference between the applied current.

---

\* Erkel A., Simon P.

## 2.3 WELL LOGGING INSTRUMENTAL AND METHODOLOGICAL RESEARCH

### 2.3.1 Nuclear methodological research\*

*Solution of four-group neutron diffusion equations for coal beds of different types*

In 1982 in cooperation with the Department of Geophysics of ELTE using four-group neutron diffusion equations theoretical curve sets of ash content vs. neutron flux were calculated for black coals of Pécs, brown coals of Oroszlány and lignites of Visonta.

On the basis of data of the Coal Register (1980) coal models were conceived with composition and density as shown in *Table IV*. The three main compo-

| Coal district      | Composition of coal %              |   |                                     | Density<br>10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>           |                                   |      |
|--------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|--|-----------------------------------|------|
|                    | C                                  | H   | O                                   |  |                                   |      |
| Pécs               | 87                                 | 6   | 7                                   | 1.35   |                                   |      |
| Oroszlány          | 76                                 | 6   | 18                                  | 1.33   |                                   |      |
| Visonta            | 65                                 | 6   | 29                                  | 1.25   |                                   |      |
| Ash composition, % | SiO <sub>2</sub><br>quartz<br>24.7 | Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub><br>kaolinite<br>52.4 | CaCO <sub>3</sub><br>calcite<br>8.9 | CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub><br>dolomite<br>8.9 | FeS <sub>2</sub><br>pyrite<br>5.1 | 2.74 |

|           | Carbon content<br>(C) % | Ash content<br>(h) % | Humidity<br>(n) % |
|-----------|-------------------------|----------------------|-------------------|
| Pécs      | 96.7—1.0415h            | 0 < h < 60           | 3.3 + 0.0415h     |
| Oroszlány | 80.7—0.9074h            | 0 < h < 60           | 19.3—0.0926h      |
| Visonta   | 48.3—0.6830h            | 0 < h < 60           | 51.7—0.3170h      |

*Table IV.* Composition and quality parameters of coals used for theoretical calculations

\* Andrassy L., Barath I., Dorko R.

nents of these coal models are pure carbon ( $C$ ), ash ( $h$ ) and humidity ( $n$ ). To calculate neutron fluxes it was necessary to know the accurate chemical composition of the above-mentioned three components. It seemed adequate to take ash composition for fixed in order to reduce the number of varying parameters in the coal models and to render calculations simpler. To fix the composition of ash is permissible all the more since elements encountered in ash (Si, Al, Fe, Ca and Mg etc.) show similar behavior against neutrons.

The percentage of carbon content of samples was determined by coal models. The main components of the samples are C, H and O atoms. Among the rest of elements the quantity of  $N$  can be neglected, while  $S$  enters the ash components.

In Figs. 86 and 87 presented are sets of theoretical curves for black coals of Pécs and brown coals of Oroszlány (with borehole diameter as parameter).

#### *Methodological test of the coal sonde*

In the course of the year the one-detector version of the coal sonde type KRGGC-2-80-60 sMY has been completed. The caliper unit of the sonde has been tested, calibration of the sonde for density in standard arrays with 150 mm and 214 mm diameter with consideration to the mud cake effect has been performed. The value of the two-point field calibration standard has been inserted in the correction diagram.

#### *Energy-selective measurement of natural gamma-radiation in borehole conditions*

The effect of borehole on counts measured in individual energy windows was investigated. The following energy windows were used:

window 1 (K): 1.34–1.57 MeV

window 2 (U): 1.60–2.03 MeV

window 3: 1.34–2.95 MeV

window 4 (Th): 2.45–2.95 MeV

For the corresponding energy windows correction relationships were established, which permit to take into account the effects of borehole diameter and of the density of rocks penetrated by the borehole. In the course of our investigations the rock penetrated by the borehole was regarded as a horizontally infinite cylinder and the radioactive radiation source within the cylinder was assumed to be evenly distributed. The axis of the cylinder coincides with the borehole axis. For our calculation the following relationship was used which is well known from the international technical literature:

$$I = 2I_0 \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{r=R}^{\infty} \int_{z=0}^{Z/2} e^{-\mu_0 \sqrt{r^2+z^2}} r \, d\varphi \, dr \, dz,$$



where

$I$  — the intensity of radioactive radiation,

$I_0$  — the intensity of radioactive radiation at a given point of the cylinder,

$R$  — borehole radius,

$Z$  — bed thickness,

$\rho$  — density,

$\mu$  — mass absorption coefficient with values considered in the various energy windows as follows:

window 1: 0.050 cm<sup>2</sup>/g

window 2: 0.046 cm<sup>2</sup>/g

window 3: 0.0447 cm<sup>2</sup>/g

window 4: 0.039 cm<sup>2</sup>/g

Our investigations were carried out at the model base of ELGI. The average bulk density of the beds is  $1.6 \cdot 10^3$  kg/m<sup>3</sup>. With model data being known the correction factors were calculated for given borehole diameters and rock densities and the obtained values were plotted on diagrams. In Fig. 88 the borehole correction diagram of natural gamma spectral logs is presented. The parameter of the curve set is the  $\mu \cdot R$  value. Thus, when the values of  $Z/2R$  and  $\mu \cdot R$  are known, the borehole correction factor  $C_d$  can be read from the vertical axis. With the knowledge of the rock density determined on the basis of gamma-gamma measurement the density correction factor  $C_\rho$  for the corresponding energy windows can also be determined. Thereafter the correction multiplying factor  $C$  to be used is as follows:

$$C = \frac{C_\rho}{C_d}.$$

Gamma-ray spectral logging was performed in several bauxite exploration holes with an equipment composed of the surface unit type KRF-4-12 An and the energy-selective sonde type KRGE-1-120-60 s. The potassium, uranium and thorium content of rocks penetrated by the borehole were calculated from the corrected gamma-ray logs with the use of the spectrum stripping method. The processed material of the bauxite exploration hole GF-2/3 is shown as an example in Fig. 89. The levels of radioactive materials obtained in this way show good agreement with core analysis data. On the basis of literature data published in 1979 by Dresser Atlas Inc. we have investigated the relationships between thorium content and aluminium- and silicon contents, respectively, in bauxites. The subjects of this investigation were the thorium content received from gamma-ray spectral logs and the P value calculated from core analysis:

$$P = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + SiO_2}.$$

The result of the investigation is presented in *Fig. 90*. A linear relationship is observed between the two quantities within the range of  $0.4 < P < 0.95$ . The value of the correlation factor is  $r = -0.9025$ .

### 2.3.2 Computerized interpretation\*

An automatic program system COAL-1 for HP 9825A calculator to process logs of coal exploration holes has been compiled. The processing sequence consists of the following main steps:

#### a) Loading the core data store

The most important laboratory parameters of core samples from boreholes drilled in the survey area (sampling site, ash content, caloric value, humidity, carbon content, density, volatiles) are entered from key-board and stored on magnetic disc for the loading program. By the aid of an independent program, relationships between the above data—characteristic to the survey area—are established in this stage.

#### b) Preparing logs for processing

The preparation includes digitization and graphical checking of analogue logs, on the one hand, and the entering of analogue and digital records (the latter on cassettes) into the data store. Drilling constants and various parameters are also entered into the computer in this stage.

#### c) Processing

Processing programs stored in subsequent files on the cassette maintain direct information transfer with the magnetic disc data store by help of the data base management programs. To characterize the clay content of the drilled sequence the program system calculates from SP and gamma-ray logs the  $\alpha$  reduction factor and the relative gamma clay indicator logs. The program determines the density necessary for determining the quality characteristics of coal from the gamma-gamma log, and the porosity from the neutron-neutron log with due consideration to the borehole diameter, which acts here as a distortion factor. The calculation to the quality parameters of coal is performed with the help of relationships determined in step a). The system contains a program based on statistical principles for the lithological classification of the drilled sequence. This program determines a probability factor for each rock type encountered in the survey area—taking into account their characteristic physical parame-

---

\* Baráth I., Bihari A., Mészáros F., Szalai M., Szegedi Sz.

ters, the probability of their occurrence and the scatter of their indications on logs. The depth distribution of rock types ordered to maximum probability values permits to determine the traditional lithological column. In accordance with up-to-date requirements—particularly in the case of heterogeneous rock formations—there is also a possibility to determine the percentage distribution of individual rock components for each depth point (e.g. clay 80%, sand 20%).

#### d) Display

In the course of processing results are obtained in the form of logs and tables. By way of an example we present in *Fig. 91* the most important logs (relative gamma, density, neutron porosity, ash content, caloric value, carbon content) obtained in the course of processing the logging materials of borehole NHAZA-123. *Table V* shows parameters of the coal-bearing layers of the same borehole in tabulated form.

The discussed processing system is automatic, i.e. the subsequent program is called in by the running program when its run is completed. At the same time there is a possibility to interrupt the calculation process in the course of processing, to call partial results or to modify parameters whenever necessary.

### 2.3.3 Methodological investigations in the field

#### *X-ray radiometric measurements\**

As the last stage of research in applying the X-ray radiometric method for the determination of Cu and Fe content investigations were carried out in order to improve the accuracy of results obtained so far.

In the course of X-ray radiometric investigations we had to solve the measurement of very low (6–18 KeV) energies. Owing to the low energies the absorption exercises an extraordinary influence on the measurements. The calibration curve of ore content deviates significantly already at comparatively low ore content (about 2%) from the straight line due to the absorption and gets increasingly flatter, i.e. the pulse number does not grow proportionally with increasing ore content (*Fig. 92*).

The investigations served the purpose of determining the absorption-increasing effect of mineralization by the help of elastic scattering. If this effect is corrected for the ore content of rocks can be determined with high accuracy from the value of corrected X-ray radiometric radiation.

---

\* *Karas Gy., Szunyogh F.*



As to the absorption the relationship in the form

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

also holds here, where

$I$  — the intensity decreasing under the influence of the absorption,

$I_0$  — the original intensity,

$\mu$  — the coefficient of mass absorption,

$d$  — the thickness of the material.

The higher the density of rocks, the bigger the absorption and proportionally to it the value of the mass absorption coefficient. The investigation of the elastic scattering of photons emitted by the generating radiation source offers an opportunity to correct the absorption effect. Photons of the generating radiation source (in this instance  $\text{Pu}^{238}$  having an energy of 12–18 KeV) penetrate the rock exciting the copper atoms and, of course, scatter within the rock. In the process of scattering the photons return—proportionally to the rock density—to the detector where they can be counted. Thus the measurement of scattered radiation furnishes a measure of the relative density of rocks, i.e. of absorption. It is evident that if a rock contains ore then its density (average atomic number) increases its absorption will also be higher, thus a reduced number of photons returns back to the detector. Here a ratio can be determined to distinguish between counts for barren and ore-bearing rocks.

In the case of copper content the 8 KeV characteristic radiation appears as well. Because of the absorption fewer photons reach the detector than formed in the course of generation. The lower the number of returning photons, the denser the ore-bearing rock than the barren one. Thus, if the count for copper is multiplied by the above-mentioned ratio the count characteristic to copper can be determined.

This procedure makes the so far deviating calibration curve straight and renders the interpretation more accurate. The measurements were performed with Cu standards in spectral mode with 2 channels. One of the channels measured the energy range from 7.5 to 9 KeV, the other from 12 to 18 KeV. The result of these measurements reaffirmed the possibility of correcting the error caused by absorption (refer to Fig. 92).

After the instrument was calibrated further tests were carried out in five boreholes located at the deep level of the Recsk-mine. Two of these five holes penetrated iron ore zones. The correction method was used for these holes (Fig. 93).

With the introduction of the above discussed correction technique the X-ray radiometric method for Fe and Cu is regarded as established. The X-ray radiometric method can be used for the exploration of other elements (Zn, Sb, Pb) as well, but, of course, with different characteristic parameters.

Regular logging of magnetic susceptibility which began in previous years were continued in 1982. Surface boreholes were investigated with sondes type GM-250 (having a measuring range of  $10^{-6}$  to  $10^{-1}$  in the SI system) and boreholes in mines with sondes type GM-232 (having a measuring range of  $10^{-5}$ – $10^0$  in the SI system) both types being of Czechoslovakian manufacture.

The purpose of these measurements was to collect data all over of Hungary and to elaborate the methodology of geological and geophysical interpretation. The bulk of the data come from sedimentary areas with sand–clay sequences, as well from ore- and coal-bearing formations. From the methodological point of view the most important results were obtained in the Liassic coal-bearing complex of Pécs in the ore-bearing formations of Recsk and from sedimentary sections (alluvial cone of the Maros river, terrace of the Rába river).

The significance of the measurements at Recsk is explained by the fact that within a given mineral association the highest susceptibility is caused by magnetite or pirrhotite, thus these section can be unambiguously recognized.

In the Pécs coal district the younger (lower Cretaceous) trachidolerite veins penetrating the Liassic coal beds show very high susceptibilities and this makes the unambiguous identification of the various lithologies of the coal measures possible (*Fig. 94*). In investigations carried out in boreholes in mines it became possible to separate barren section of the sequence. This offers also the possibility to identify individual lithologies.

The heavy mineral content of sands (chiefly magnetite) allows conclusions to be drawn about provenance and facies distributions.

As a summary of data from measurements performed so far *Fig. 95* presents the characteristic susceptibility values for each rock type. Readings of the most frequent values can be taken from distribution curves.

### *Induced polarization logging\*\**

Work on the induced polarization logging has been carried out in three areas.

A) IP decay curves measured in boreholes were recorded on magnetic tape with the K-3000 digital logger designed in ELGI. Sampling rate was 10 ms, charging- and decay time 2.5 s. The interpretation was carried out with an HP 9825 calculator, due to the following considerations. Under ideal conditions the decay curve  $U(t)$  can be described with the following expression:

$$U(t) = \sum_{i=0}^N U_i \exp - \frac{t}{\tau_i} + c,$$

\* Karas Gy., Zilahi-Sebess L. jun.

\*\* Dankházi Gy.

where

$U_i$  — the amplitude of the  $i$ th component,

$\tau_i$  — time constant,

$N$  — the number of exponents,

$c$  — a constant composed of SP and the remanent potential.

The distortion effect of the constant was reduced with automatic SP compensation at the end of each measurement period in the course of operation. In the determination of exponential components we deviated from methods used earlier (e.g. Annual Report, 1976), since the polarization of rocks is caused by dipoles with dipole moments showing large dispersion. In the previous formula the number of exponents ( $N$ ) could grow to a great extent, thus the formula would become ungovernable. It is assumed that the dipole moments group around a given value thus it is adequate to use a method of probability calculation.

To each interval of arbitrary width  $\Delta t_i$  of a selected section on the decay curve (which may partly overlap) an amplitude ( $A$ ) and a time constant ( $\tau$ ) are ordered (with the method of least squares). The assembly of amplitudes and time constants defines distribution functions, designated by  $F(A)$  and  $F(\tau)$ . With the knowledge of these  $F(A)$  and  $F(\tau)$  distribution functions one may calculate for an adequately chosen (depending on dispersion) interval of  $\Delta A$  and  $\Delta \tau$  the probability of the occurrence of amplitudes and time constants. These probabilities for the  $K$ th interval are as follows:

$$P_A[A_K \leq A < (A_K + \Delta A)] = F(A_{K+1}) - F(A_K),$$

$$P_\tau[\tau_K \leq \tau < (\tau_K + \Delta \tau)] = F(\tau_{K+1}) - F(\tau_K).$$

Fig. 96/a presents the probability  $P(\tau)$  spectrum lines of a decay curve measured in a bed of argillaceous sand in a borehole at Kevermes. The individual spectrum lines are ordered to the mean value of the time interval  $\Delta \tau$  beginning at the moment  $\tau_K$ . Average values of the amplitudes are shown with dashed line. It could be assumed that the component with the highest time constant overlaps components with lower time constants, therefore the values of the exponential function generated with the most probable time constant and amplitude were subtracted from the measured values for each sampling point. The decay curves obtained in this way were again analysed and new well defined spectrum lines were received (Fig. 96/b).

So far nearly one hundred decay curves have been analysed in a similar manner which permit to infer that two spectrum lines can be readily recognised in beds of argillaceous sand and sand. One of the lines falls in the time constant range of 30–300 ms, the other in the time constant range of 0.8–6.0 s. It could



be unambiguously established that the depth, age of beds and the percentage quantity of clay affect significantly the time constant and amplitude values. The experiments have been performed with a microprocessor controlled equipment which is being developed at present.

B) Continuous IP measurements have been carried out with an equipment designed in ELGI, which permits to determine the following quantities continuously at the velocity of 6 m/min logging speed and 200 ms charging time:

$$\eta = \frac{1}{U_0} \int_{t_1}^{t_2} U(t) dt - c,$$

where

$U_0$  — the charging voltage measured at the moment of the charging current being turned off,

$t_1$  — 20 ms

$t_2$  — 160 ms

$U(t)$  — decay potential

$c$  — an additive member stemming from SP and the remanent potential, which is continuously compensated by an automatic device within the time interval of 180–220 ms after the charging current has been turned off.

According to experience obtained in the course of interpretation the instrument detects well the mineralized zones in ore exploration holes, particularly the disseminated mineralization. In pure sands an increase of the IP value may indicate a decrease of the expected water yield. In good water-bearing formations the IP value hardly surpasses IP values measured in clay beds. The situation is significantly more complicated in argillaceous sands namely here maximum IP values are received at a clay content of 2 to 10% depending on the type of clay (montmorillonite, kaolin etc.). The IP value decrease at clay contents deviating from these values. This is conspicuously seen in Fig. 97 presenting a gamma-ray—IP crossplot for an upper Pannonian complex of clay and sand in the northern part of the Transdanubian region. Relative values were used for preparing the crossplot.

C) It seemed to be necessary for the evaluation of the experimental results to search for a relationship between IP and petrophysical properties using theoretical models. Such works are being performed at present, they aim first of all at finding a quantitative relationship between the physical properties of water-bearing, permeable beds (Rw, surface (zeta) potential, permeability and clay content) and the induced polarization.

### 2.3.4 Apparatus design

#### *Photorecorder\**

The use of photographic recorders continues to be justified first of all in the exploration for petroleum since they perform multichannel recording without depth shift in a common field of writing and permit to photograph on the record a depth grid corresponding to the actual depth and the numeric value of depth. This explains why ELGI elaborated several versions of photorecorders in recent years.

In 1982, as the last stage of this development the photorecorder type AFR-224-12 was completed on commission of the National Oil and Gas Trust (OKGT) and through a contract with the GAMMA Works. Its main features are as follows: It permits to record simultaneously 9 channels with 12 galvanometers; film transport with stepping motor ensures the adjustment of 6 depth scales (from 1/20 to 1/2000) with a high accuracy; the field of writing over the 223 mm wide film is divided into sections according to the API standard. This recorder has a special advantage—even when compared with available photorecorders—that it is very resistant to tilts and vibrations, on the one hand, and the galvanometers excel with rapid action, thus they permit to carry out fast playback from magnetic tape or to prepare special records like the sonic phase correlation diagram.

#### *Integrated production control system using the Industrial Rapid Analyser type MTA-1527-2000\* \**

At the present technical level of bauxite mining determination of quality (the  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  ratio) is made with a 24 hour time delay. Thus, there are cases of producing ores unsuited for direct processing (barren rocks). Therefore a procedure is needed which furnishes accurate and quick information to the production control possibly before the bauxite leaves the mine.

The rapid analyser type MTA-1527-2000, suitable for use in mines, enables us to direct production according to ore quality. It has been tested in a mine for one year, performing continuous analysis (in three shifts) of samples taken from holes drilled for blasting. Thus it furnishes quantitative data about the quality of ore intended for exploitation.

A special loading and receiving system has been designed and built for transmitting data to the control center. Thus an opportunity was created to establish an optimum production strategy for each day through simultaneous collection, evaluation and storage of data from instruments located at various production sites.

---

\* János L., Szalai J., Vándor J.

\*\* Renner J., Siklós A.

With the  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  and  $\text{CaO}$  contents as determined at various production sites, as well as the produced quantity in relation to a given time unit being known, the requirement to production quotas of individual crews can be fixed in a manner maintaining the average quality of the delivered ore at a predetermined constant value at a minimum of production, transport and stockpiling costs.

The integrated system offers the following advantages:

- no need to maintain a large-sized mixing and storing area to ensure the required quality,
- an optimized operation of conveyers at a minimum of energy consumption and costs can be realized,
- barren rocks can be used at waste areas for solid packing without transporting them to the surface,
- when the quality of the exploited ore exceeds the prescribed level, the average quality can be maintained by adding ores of lower quality.



### 3 EARTH PHYSICS RESEARCH



Following the practice of previous years, the determination of the absolute value of the geomagnetic elements and the recording of their variation in time continued at Tihany Observatory.

Data obtained from processing the records were sent to users at home and to international data banks.

In order to check the geomagnetic datum of the Observatory comparative measurements were carried out during the year at Niemegk Observatory (GDR). Researchers of Hurbanovo Observatory (Czechoslovakia) performed similar measurements at Tihany Observatory.

Final processing of the national magnetic base network for the epoch 1980.0 has been completed in the course of which we determined coefficients of second and third order functions describing the horizontal component, the vertical component, total field intensity and the normal field of declination. Presented here as an example is the contour map of the normal field of total field intensity (*Fig. 98*).

The digital magnetic recording system operated for many years at Tihany Observatory furnished a great deal of useful experience. On the basis of this experience we started the reconstruction of the obsolete data acquisition unit of the recording system in cooperation with the Department for Microwave Telecommunication of the Technical University of Budapest. Our purpose was to create a special digital magnetic recording system (DIMARS) capable of recording the total values and components of the geomagnetic field within the range of slow variations for a long time with high reliability, capable of working under as little supervision as possible and of furnishing the greatest possible amount of data observed or deduced from measured data by geomagnetic observatories.

A system designed with due consideration of the above purposes, the block-diagram of which is presented in *Fig. 99*, is characterized by the following main features:

- it measures signals proportional to variations of the three components

---

\* Hegyemi L., Körmendi A., Lomniczi T., Szabó Z.



- which arrive from the variometers with electric outputs (MTV-2), as well as the temperature of the variometer room every 10 seconds;
- it calls in values measured by the proton magnetometer every 10 seconds;
  - it averages measured data every minute and records the result on a digital cassette-type recorder;
  - it continuously monitors the input data and gives a warning of any abnormality;
  - if an abrupt change in magnetic field (magnetic storm) occurs—as determined in advance by the operator—it commences rapid recording on a second digital magnetic tape recorder until stopped by the operator.

In addition to the above mentioned basic functions the apparatus provides data, which are calculated usually by the staff of observatories while processing the records. Thus, for example, starting from any preprogrammed moment it records field characteristics every 10 minutes for field crews. These data are stored in the inner memory of the apparatus and at the operator's command are printed out or punched on punched tape. The values of daily maximum and minimum for each component with corresponding time data are also collected and stored. The hourly and daily average values are calculated and stored and printed out or recorded on magnetic tape at the end of the month at the command of the operator.

The recording system requires replacement of magnetic tape cassettes by the operator every 48 hours. On such occasions the operator is able to check the operation of the system with the aid of a keyboard, perform various tests, and modify or reprogram individual characteristics.

If a data recording apparatus of higher capacity is connected to the system, then remote control of the instrument is possible with the help of a telex attached to the equipment. Measured data cannot be entered directly to the telex, but there is no basic obstacle to such data being stored in the memory and transmitted if needed. In such instances there is no need to monitor the equipment at the site since it can be operated by remote control.

In the field of ionosphere-magnetosphere investigations the analog recording of whistlers and the processing of measured data continued. The signal detecting unit of an automatic whistler detecting and preprocessing apparatus has been completed. In its present state it is able to recognize whistlers with a reliability of 80% and to record the arriving signals in digital form.

Within the framework of our geodynamic investigations, observations with the Model LCR ET-16 recording gravimeter of Darmstadt Technical University have been concluded. In the course of this cooperation a nearly two and a half years long continuous series of good quality data has successfully been recorded. The measurements are now being processed.

At the Budapest geodynamic station (Mátyás-hill) the recording of the vertical and horizontal components of earth tides as well as the extensometer observations were continued. The extensometer observations show that the horizontal crust movement is characterized by a long period variation of 30  $\mu\text{m}/\text{year}$ . Since variations of such order are usually related not to instrument drift but to movements in the surroundings of the instrument, we attempted to give this value a geophysical explanation. The relative yearly variation of 30  $\mu\text{m}/21 \text{ m} = 1.5 \cdot 10^{-6}$  recorded in our case was compared with the data of other stations all over the world. It has been established that independently of the type, azimuth and site of the extensometers the recorded variations are in the same order of magnitude as observed at our station meaning that the order of magnitude of horizontal crust movements is 0.01 mm/year. Theoretically it is also possible to estimate the stresses or, to put it more accurately, the stress changes on the basis of deformations. If relative displacements of  $10^{-6}/\text{year}$  are accepted, a change in stress of  $10^5 \text{ N/m}^2/\text{year}$  is received. Such a change, however, is too great. By way of example: the value of stress experienced in the course of strong earthquakes amounts to  $10^6 \text{ N/m}^2$ , or when the value of  $10^{-6}$  is applied to earth tides then  $10^3 \text{ N/m}^2$  is received (whereas according to model calculations such a lunisolar stress can be reckoned with for the middle parts of the mantle only). In all probability the deformation variations observed by us are related to processes taking place at such depths.

Investigations were also carried out to determine whether stresses caused by meteorological and hydrological phenomena can be related to earthquakes. Such external influences may affect the triggering of earthquakes—when all other tectonic preliminary conditions are present—if they are able to create

---

\* Varga P.

a correspondingly big change in stress at the surface or near it and the stresses have also a lateral gradient along the surface. The value of the highest possible elastic stress is  $10^7$  N/m<sup>2</sup>. Under the influence of stress in excess of this value unelastic deformations will take place. This probably explains why the geoid anomalies do not exceed 100 m, since at the bottom of such anomalies stresses over  $10^7$  N/m<sup>2</sup> come into being leading to a viscous flow of substance off the bottom of anomalies to localities of lower pressure.

The stress caused by earth tides reaches the value of  $10^3$  N/m<sup>2</sup> at great depths only; at the surface there is no stress, not to speak of lateral gradient. Thus no mention can be made of the earthquake triggering effects of body tides. In spite of this many authors have published results of statistical investigations indicating that there exists a relationship between the outburst of earthquakes and changes in earth tide potential. This phenomenon may be attributable to the indirect effect of ocean tides, exerting a load on the earth's surface; stresses of the order of  $10^4$ – $10^5$  N/m<sup>2</sup> appear in coastal areas decreasing rapidly departing from the coast (a high lateral gradient exists). Stresses due to oceanic load that appear at the earth's surface may trigger earthquakes if tectonic conditions are favourable.

The effect of barometric variations also exceeds the effect of earth tides. Such variations may cause stresses over  $10^3$  N/m<sup>2</sup> and if a significant lateral gradient exists they may influence earthquakes.

The depth of water reservoirs is often more than 100 m. The arising stresses during filling up these artificial lakes—in the case of fault structures—are more than enough to initiate an earthquake.

The load calculations rely on model *A* of Gutenberg–Bullen. Stresses caused by loads were calculated on the basis of Molodensky's theory. It could be established that the effect of external loads decreases rapidly with increasing depth, hence they may exercise some influence—if any—on shallow earthquakes only. Stresses originate only if the extent of the loaded area exceeds a critical value (0.25–0.7 km<sup>2</sup>). At the margin of the area subjected to external load the stress falls abruptly, thus the maximal shear stress generated by surface load can influence earthquake occurrences in the surroundings.



#### *Palaeomagnetic investigation of geological basic sections*

In the framework of this topic three themes were studied:

A) We have continued the investigation of the middle Triassic basic section of the Malom valley at Felsőörs started in 1981. Attempts were made to determine the polarity of characteristic remanent magnetization for odd number beds in 1981 and for even number beds in 1982. Of the even number beds 2–3 samples were taken from each one in order to see variations in direction and eventually in polarity within individual layers. For parts of the section suitable for sampling an approximate polarity scale was determined (*Fig. 100*). Samples should also be taken from the omitted parts to complete the polarity scale.

B) The following exposures of red sandstones of the Balaton highland have been studied:

- a) Balatonalmádi, Vadvirág Street, exposure of the basic section: fine grained red sandstone and white Triassic limestone (dip: 310/41);
- b) Balatonalmádi, quarry: red sandstone (dip: 278/22);
- c) Balatonarács, exposure of the basic section in a railway cutting: fine grained red sandstone (dip: 228/37.5);
- d) Balatonfüred, exposure in front of the shipyard: fine grained red sandstone (dip: 240/56);
- e) Kővágóörs: red sandstone directly underlying the Triassic conglomerate (dip: 314/23).

---

\* Márton E.

The directions of characteristic magnetization for the individual sample groups are as follows:

| Prior to tectonic correction   | After tectonic correction                                  |
|--|--|
| a) $N=18$ $D=323^\circ$ $I=49^\circ$ $k=21$ $\alpha_{95}=7.8^\circ$  | $D=319^\circ$ $I=9^\circ$ $k=21$ $\alpha_{95}=7.8^\circ$   |
| b) no characteristic magnetization                                   |  |
| c) $N=16$ $D=316^\circ$ $I=46^\circ$ $k=12$ $\alpha_{95}=10.9^\circ$ | $D=285^\circ$ $I=34^\circ$ $k=12$ $\alpha_{95}=10.9^\circ$ |
| d) $N=9$ $D=308^\circ$ $I=29^\circ$ $k=15$ $\alpha_{95}=13.8^\circ$  | $D=295^\circ$ $I=0^\circ$ $k=15$ $\alpha_{95}=13.8^\circ$  |
| e) $N=9$ $D=317^\circ$ $I=52^\circ$ $k=16$ $\alpha_{95}=13.4^\circ$  | $D=316^\circ$ $I=29^\circ$ $k=16$ $\alpha_{95}=13.4^\circ$ |

From the mean direction of sample groups a), c), d) and e) having a characteristic magnetization a new mean direction was calculated prior to and after tectonic correction:

| Prior to tectonic correction                                   | After tectonic correction                                |
|--|--|
| $N=4$ $D=316^\circ$ $I=44^\circ$ $k=51$ $\alpha_{95}=13^\circ$ | $D=304^\circ$ $I=18^\circ$ $k=13$ $\alpha_{95}=26^\circ$ |

where

$D$  = average declination

$I$  = average inclination

$k$  and  $\alpha_{95}$  = statistical parameters

$N$  = number of samples

The statistical parameters deteriorate after the beds have been adjusted to the horizontal position (after tectonic correction). This phenomenon seems to indicate that the rocks obtained their magnetization in their present tectonic positions. Sampling of further exposures is needed to decide whether the magnetization of each type (or of certain types only) of red sandstone of the Balaton highland originated after folding.

C) Investigation of Jurassic and Cretaceous limestones around Úrkút and Városlőd.

The purpose of this investigation was to decide whether the deviation in strikes of units characterized by structural axes running in different directions (N-S or NE-SW) might be due to tectonic movements after the lower Cretaceous.

Samples were collected at the following sites:

- Úrkút, manganese mine, shaft 3, western gallery: Dogger grey limestone, bottom of the manganese complex. 10 samples, N-S structure;
- Városlőd, Gombápuszta: thin banks of white limestone without level indicating fossils, a Bajocian formation exists beneath it thus it is thought to be of Bathonian age. 6 samples, N-S structure.

- c) Városlőd, Gombáspuszta, railway cutting: light-grey Dogger limestone, 5 samples, NE-SW structure;
- d) Úrkút, Csingervölgy: folded light Dogger limestone. 4 samples, N-S structure;
- e) Úrkút: Albian pink fractured limestone in thick banks. 10 samples, N-S structure.

Groups a), b) and e) show a characteristic magnetization. From investigations performed in 1982 it can be established that there is no significant deviation in magnetic directions of sample groups obtained from structures with axes running N-S and NE-SW, but the limited number of sampling sites giving results does not permit one to draw final conclusions.

### *Palaeomagnetic investigation of bauxites and their embedding rock*

Within the framework of this topic we have continued investigating the Gánt and Szóc bauxite areas started in 1981.

A) At Szóc, samples were collected from bauxite beds overlying and underlying the red zone characterized by iron accumulation, from the iron-containing zone itself and the overlying Eocene limestone. Similarly to previous observations the Eocene limestone has not revealed any characteristic magnetization in this instance, either. The direction of magnetization within the iron-containing zone indicates a total remagnetization in the recent magnetic field. The directions of typical magnetization for bauxites underlying the iron-containing zone are as follows:

$$D=114.2^{\circ} \quad I=-23.4^{\circ} \quad k=9 \quad \alpha_{95}=19.3^{\circ} \quad N=8.$$

The bauxites over the iron-containing zone has no characteristic magnetization.

The magnetic investigation of minerals which carry the magnetization, as well as the analysis of natural remanent magnetization make it evident that the magnetization of bauxites is complex from both points of view. Since further demagnetization is not possible any improvement of statistical parameters related to the given direction should come from an increasing number of samples.

B) The bauxite at Gánt is subject to similar comments. The direction of characteristic magnetization is:

$$D=112.9^{\circ} \quad I=-36.8^{\circ} \quad k=9 \quad \alpha_{95}=17.1^{\circ} \quad N=10.$$

The magnetization of the overlying grey marl is very well defined (however, its geological age is uncertain):

$$D=109.0^{\circ} \quad I=-57.4^{\circ} \quad k=101 \quad \alpha_{95}=4.6^{\circ} \quad N=11.$$

The overlying Eocene limestone does not show any typical magnetization.



### *Palaeomagnetic investigation in the Velence hills*

The investigation of all andesite exposures suitable for palaeomagnetic sampling in the Velence hills has been concluded. The original magnetization of andesites has been completely overprinted by subsequent magnetization acquired in recent magnetic field. This subsequent magnetization can be completely removed by demagnetization in an alternate field with an intensity of 31,83 A/m (400 mOersted), or by thermal demagnetization at 400 °C (*Fig. 101*). On the basis of 8 sampling sites the direction of the magnetic field at the time of the andesite volcanism was as follows:

$$D=153^{\circ} \quad I=-45^{\circ} \quad k=28 \quad \alpha_{95}=10.6^{\circ} \quad N=8.$$

The magnetization of all andesite bodies is of reversed polarity.

The bulk of the investigated granites was completely or partly remagnetized at the time of the andesite volcanism. The materials of five separate granite exposures have independent magnetization. The direction of characteristic magnetization—maybe of upper Carboniferous age—is as follows:

$$D=144^{\circ} \quad I=31^{\circ} \quad k=9 \quad \alpha_{95}=8.0^{\circ} \quad N=91.$$

### *International cooperation in palaeomagnetic investigations*

Within the framework of cooperation between Yugoslavia and Hungary, Austria and Hungary, USA and Hungary, samples were taken of sedimentary exposures of the Dinarides, several magmatic exposures of the Mecsek Mts and Balaton highland, four metamorphic exposures in the Rohonc Mts and individual exposures of red sandstones of Permian age in Hungary and of Jurassic—Cretaceous age in the United States. Palaeomagnetic investigation of these rock samples is in progress.

### 3.4 GEODETIC GRAVIMETRY\*

Gravimeter measurements over the Central and East European Gravity Standardization Net (CEEGSN) covering the territories of the socialist countries started in 1982. An initial condition concerning this network was that the standard deviation of individual ties ( $\mu_0$ ) should not be more than  $3 \cdot 10^2 \text{ nms}^{-2}$  ( $=0.03 \text{ mgal}$ )\*\*. To meet this extremely rigorous requirement absolute gravity meters, relative pendulums and various types of relative gravimeters are used for measurements on the network.

To make the CEEGSN a high precision basis for the Gravity Base Networks of individual countries, each country designed an optimal network configuration which guarantees the fulfilment of the initial condition with regard to the available instruments.

When further planning of this network took place one of the conditions was the selection of a version—by choosing corresponding weights of measurement—which would furnish a network with an error distribution satisfying the planners' purposes to the greatest extent at minimum costs.

One method to determine the weight of a measurement is to minimize the scalar target function which is characteristic of the accuracy of the network. We elaborated several procedures for minimizing the scalar target function. Judging by our experience, the weight strongly depends on the choice of the target function and of the optimization process, as well as on the free or constrained nature of the network to be designed.

Another method to determine the weights of measurements is the approximation of the network having an error distribution defined a priori by mathematical programming. In the course of planning the variances of ties that build up the network were accepted as a function of station distances. Since the weight numbers obtained by linear programming are usually not whole numbers they have to be rounded upwards to determine the number of necessary repeat observations. As a second version we performed planning using a "programming with whole numbers". In many instances the repeat numbers

---

\* Csapó G., Pollhammer M., Sárhidai A., Szabó Z.

\*\*  $0.01 \text{ mgal} = 10^2 \text{ nms}^{-2}$

obtained by the second version turned out to be lower than the rounded up numbers obtained by linear programming.

These methods permit one to plan a substantially more accurate, homogeneous network making more efficient use of the available material means. A program for an R-35 computer was developed for each method of planning.

In recent years the absolute value of gravity with a standard deviation of  $\pm 10\text{--}14\text{ }\mu\text{gal}$  was determined at four points (refer to Annual Report for 1980, Fig. 86). These points were located to cover the possible greatest part of the "g" range of the country. Eight points of the CEEGSN are located on Hungarian territory ( $12,000\text{ km}^2/\text{point}$ ).

The instruments were transported by a Pilatus-Porter turbo aircraft at a height of 200–400 m. The survey was performed in cooperation between Hungary and Czechoslovakia with 8 gravimeters using an *A-B-A-B-A* observation system. The Hungarian section of the CEEGSN is presented in Fig. 102. The absolute points were connected to CEEGSN points located at airfields near them by car transported gravimeters. The standard deviations of these connections are  $\pm 5\text{--}8\text{ }\mu\text{gal}$ .

#### *Preliminary evaluation of the survey*

Values of absolute "g" deduced for CEEGSN stations at the nearest airfields were assumed to be correct and accepting them as known values we carried out the adjustment of the Network for each single instrument. This adjustment furnished the scale factor of individual gravimeters. The latter were employed to correct the measured  $\Delta g$  values for a common adjustment of the network, where the "g" values of the new points were regarded as unknowns (ten unknowns) and all measurements were accepted as having equal weight.

Two version were prepared: In version 1 each  $\Delta g$  value calculated from one series of observations (*A-B-A-B-A*) was taken for an individual measurement (4 values for each instrument per day). In this version 1,063 items of data were available to determine the ten unknowns. Taking it into account that in adjustment based on the least squares method one may work with mutually independent measurements only, in version 2, the average results of individual gravimeters in a day were taken for independent values only (244 values).

We have calculated the standard deviation of the unit weight ( $\mu_0$ ) characterizing the reliability of the network—prior to adjustment—and the standard deviation of the most probable value ( $\mu_x$ ). Results are presented in Table VI. We have determined also the closure error of closed polygons prior to adjustment and obtained  $\omega_A = +22\text{ }\mu\text{gal}$ ,  $\omega_B = -15\text{ }\mu\text{gal}$ , and  $\omega_C = +30\text{ }\mu\text{gal}$  (Fig. 102).

On the basis of the analysis the initial condition seems to be realizable for the Hungarian section of the CEEGSN.



Within the scope of the modernization of gravimetric networks we have continued the measurements of the gravity network of the II<sup>nd</sup> order. In 1982, 145 connections of this network were determined.

Table VI.

| Connection | Version 1 |                               |         | Version 2 |                               |         |
|------------|-----------|-------------------------------|---------|-----------|-------------------------------|---------|
|            | n         | $\mu_0$                       | $\mu_x$ | n         | $\mu_0$                       | $\mu_x$ |
|            |           | $\cdot 10^2 \text{ nms}^{-2}$ |         |           | $\cdot 10^2 \text{ nms}^{-2}$ |         |
| 1.         | 84        | 4.4                           | 0.5     | 21        | 4.0                           | 0.9     |
| 2.         | 64        | 3.5                           | 0.4     | 16        | 3.0                           | 0.7     |
| 3.         | 60        | 4.4                           | 0.6     | 15        | 3.2                           | 0.8     |
| 4.         | 64        | 2.6                           | 0.3     | 16        | 2.1                           | 0.5     |
| 5.         | 64        | 1.7                           | 0.2     | 16        | 1.5                           | 0.4     |
| 6.         | 64        | 2.7                           | 0.3     | 16        | 1.4                           | 0.4     |
| 7.         | 64        | 2.8                           | 0.4     | 16        | 2.2                           | 0.6     |
| 8.         | 64        | 2.3                           | 0.3     | 16        | 2.0                           | 0.5     |
| 9.         | 64        | 2.6                           | 0.3     | 16        | 2.2                           | 0.6     |
| 10.        | 71        | 3.2                           | 0.4     | 16        | 1.7                           | 0.4     |
| 11.        | 60        | 1.4                           | 0.2     | 16        | 1.2                           | 0.3     |
| 12.        | 68        | 2.1                           | 0.2     | 16        | 1.9                           | 0.5     |
| 13.        | 69        | 2.5                           | 0.3     | 16        | 2.7                           | 0.7     |
| 14.        | 75        | 2.5                           | 0.3     | 16        | 1.7                           | 0.4     |
| 15.        | 64        | 2.4                           | 0.3     | 16        | 2.4                           | 0.6     |
| 16.        | 64        | 3.0                           | 0.4     | 16        | 2.6                           | 0.6     |
| $\Sigma$   | 1,063     |                               |         | 244       |                               |         |
| mean       |           | 2.8                           | 0.34    |           | 2.2                           | 0.56    |

$n$  = number of  $\Delta g$  measurements

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v v}{n-1}} \quad \mu_x = \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{n}}$$

### Examples of ELGI's activities abroad

#### *International geological expedition in Mongolia\**

Our Mongolian exploration activity has been continued within the framework of the joint International Geological Expedition of the member countries of the Council for Mutual Economic Assistance, and we carried out integrated exploration for the copper- and other mineral resources of the S. Gobi region. The Geophysical Group worked on the sites assigned to the Polish and Hungarian Geological Mapping Groups and to the Czechoslovakian Interpretation Group, using different resistivity, IP, earth magnetic and seismic techniques to gain more detailed information on the dimension and structure of the already mapped ore indications. The final geological interpretations and their compilation into a summary report are in progress.

#### *Multifrequency electromagnetic sounding*

ELGI's methodological development in the field of electromagnetics the Multifrequency Electromagnetic Sounding (MFS) with induced coupling has earlier been reported (Annual Report, 1980). MFS instrumentation is based on the Maxi-Probe EMR—16 type equipment of Geoprobe Ltd. Computation of the electromagnetic field parameters, over a horizontally layered model and for magnetic dipole excitation, has been solved in cooperation with foreign and Hungarian University departments. This made possible to analyse the resolving power of the method and to compare various routes of data processing. Routine MFS processing is solved, on the basis of the know-how purchased from Geoprobe Ltd., by means of an HP-9845 S desk-top computer mounted in a cross-country vehicle. Theoretical problems connected with the computation of dipole excitation are reported in Section 2.2.1.

The following short reports present some of the measurements carried out abroad, with the kind preliminary permission of our foreign partners.

---

\* Zsille A.

In September, 1982, ELGI carried out electromagnetic frequency soundings with the Maxi-Probe EMR-16 equipment, upon the invitation of the Geofizika Slovensky Geologicky Urad and the Geofizika u.p. Brno, Závod Bratislava (Dr. Igor Tuny, Ing. Ivan Marusiak). From the Czechoslovakian side D. Obernauer actively participated in the preparation and geological interpretation of the measurements. The aim of the tests had been to prove the sufficient resolution and effectiveness of the Maxi-Probe electromagnetic frequency sounding method for a complicated geological model. The measurements were carried out along a section at 25 m intervals. Borehole data indicated the coal seam at about 60–90 m depth, surrounded by shaly, marly, pebbly sediments. The resistivity of the surrounding rocks varies from a few times 10  $\Omega$ m to a few times 100  $\Omega$ m, the same values were obtained from the electric well logs. Even though the surrounding rocks do not possess characteristic resistivity values, the well logs indicate that the coal seam is always a better conductor than its vicinity (we experienced a 3–4 fold resistivity contrast). Seam thickness is 5–6 m, which is about 5–10% of its depth below the surface.

Before commencing measurements we had to make sure whether a thin coal seam could be indicated at all by electromagnetic frequency soundings. We carried out experimental frequency soundings on one of the boreholes, using three different transmitter–receiver distances. The  $L=140$  m spread did not give any interpretable result. With  $L=100$  and  $L=120$  m transmitter–receiver distances, however, quite meaningful  $\varrho_a(H)$  curves were obtained (see Fig. 103). Detectability has been defined by the following criteria: in the  $\varrho_a(H)$  curves corresponding to different  $L$  values the investigated layer boundaries should be unambiguously indicated by break-points, the depth of the break-points should be independent of  $L$  and there should be a good correlation with the geological section and/or the electric well log of the respective borehole. In the  $\varrho_a(H)$  curve belonging to  $L=100$  m there appears a layer between 63–67 m which is unambiguously better conducting than its vicinity, for  $L=120$  m a similar layer appears between 64–67.5 m (see break-points  $C_1$  and  $B_1$ , respectively). The drilling indicated coal between 64.4–69.2 m. These data prove that the coal seam can be fairly reliably detected by the Maxi-Probe system, the deviation between the depths indicated by geophysics and the actual one is less than 2 m. The final survey was carried out using the more informative  $L=120$  m spread. A part of the interpreted section is shown in Fig. 104. It had been a basic assumption throughout the field work and the subsequent interpretation that the coal seam acts in its totality as an homogeneous layer of high conductivity as compared to its vicinity, and that it can be indicated along

\* Kardeván P.



the whole section, not only at the places of the pilot survey. These assumptions have been verified by the soundings.

The identification of the thin high conductivity layer would seem more problematic in the presence of faults for, at least in principle, several high conductivity layers could be interpreted as coal seams between outstanding points of the  $\rho_a(H)$  curves. However, the geophysical interpretation can be made extremely certain by taking into account the continuity of the layers between adjacent break-points. It has been a decisive step for the "discovery" of the coal seam that we could recognize the layer boundaries  $E_2-D_2$ ,  $D_2-C_2$  and  $D_2-C_1$ , respectively, and the correlation of the layers sandwiched between them. The  $E_2-D_2$  layer of medium conductivity overlies a relatively higher conductivity, though rather inhomogeneous formation: the  $D_2-C_2$  and  $D_2-C_1$  layers, respectively. The coal bed should be sought for below this formation. The coal seam is cut by a small fault, as evidenced by the same throw of the boundaries of the characteristic layers above the coal (e.g. between soundings Nos. 4 and 5). The tectonic picture seems to be confirmed by the behaviour of a further layer boundary  $A_2$  ( $A_3$ ), below the coal seam (between soundings Nos. 0-8).

#### *b) MFS surveys in Baden-Württemberg (FRG)\**

In 1982 we were contracted by the BEB Erdgas-Erdöl Co. to carry out a detailed MFS survey prospecting for thin near-surface layers. The investigated sedimentary layer was hidden in a variagated series, its thickness frequently being less than 10% its depth from the surface. In spite of all these obstacles we have succeeded in tracing the layer over a continuous area, and located faults at least of 3 m amplitude, by means of electromagnetic sounding.

In the geophysical interpretation the situation of the layers could be followed by determining the correlation between the curves. The obtained boundaries were identified with the actual geological layer boundaries by means of comparing the measured curves with the MFS curves obtained on boreholes and by following the layers recognized in outcrops. The real resistivities of the layers had been determined by means of dc sounding. *Fig. 105* presents the geological column of a borehole and the MFS curve measured on the borehole. It is easy to recognize the high resistivity layer corresponding to the limestone bed between boundaries  $X$  and  $A$  and the low resistivity shale-marl formation including the thin layer sought for. *Fig. 106* shows the clear-cut correlation of the layers and the recognizability of the fault. In spite of the rough terrain we could trace the nearly horizontal layers, though at some places their thicknesses have not even reached 5% of their depths. On the section of *Fig. 106* locating of the fault has been made easier by the change in the character of the

\* Gyurkó P., Szabadváry L.

curves (cf. MFS curves Nos. 4 and 5). The interpreted depth data were used to construct, by means of the colour plotter of the HP 9845 S computer, the depth contour maps and the axonometric views of some of the horizons.

Thanks are due to dr. H. Dürschner, Chief Geophysicist, and dr. W-D. Karnin, Chief Geologist of BEB, for their help and advice during the preparation of the survey and in the final interpretation.

*c) MFS survey in Upper Austria\**

We had to determine the depth of the crystalline basement, and to give a fine subdivision of the sedimentary cover, by electromagnetic frequency sounding. The geological column of the borehole drilled on the study site and the MFS curve obtained the same place are shown in *Fig. 107*. The basement could be very accurately traced by means of the sharp break-point at 345 m depth. The four characteristic layers of the overburden are clearly discernible on the curve. It should be emphasized that we could also determine the thin high conductivity layer surrounded by high resistivity formations (between 175–190 m).

The help of Prof F. Weber, of the Montanuniversität, Leoben, in the design of the survey and in interpretation is gratefully acknowledged.

*d) MFS survey in Bavaria (FRG)\*\**

The aim of the project was to check the applicability of electromagnetic frequency sounding for the detection of the crystalline basement and for the subdivision of the overburden. The surface of the basement had been assumed to correspond to the geophysical boundary denoted by *I*, at a depth of 376 m according to the geological column of *Fig. 108*. The accuracy and reliability of the determination of the high-resistivity basement have been greatly improved by the fact that its surface is directly overlain by a thin high conductivity layer that can be clearly followed through the section (*Fig. 109*). There is a similar, easily traceable high conductivity layer in the overburden as well, between boundaries *C* and *II*. Further fine structural details can be observed both in the cover and the basement, which have been duly utilized for the correlation of the curves.

The particular measurement conditions have brought to the light the flexibility of the method, due to the following properties:

- the transmitter–receiver distance can be changed within wide limits in accordance with the depth range studied,
- the transmitter–receiver distance does not exceed twice the study depth, i.e. it is relatively small,

---

\* Gyurkó P., Hoffer E.

\*\* Gyurkó P., Szabadváry L.

— in the absence of major structural changes the direction of the spread is arbitrary, transmitter and receiver can be interchanged.

Consequently, the method can be applied in cultivated or built up regions, without environmental damage. The reference point can be placed at locations with difficult access.

The help of Prof. J. Homilius of the Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLfB) in the execution and interpretation of the measurements is gratefully acknowledged here.

*a) MFS survey in Lower Austria\**

The electromagnetic frequency sounding can also detect a relatively thin layer, if its resistivity is greater than that of the surrounding medium. An example is shown by *Fig. 110*, where the exploration target was an Eocene limestone layer, its thickness being some 10% of its depth. We also had to determine the thickness of that karstic limestone. Evidently, the limestone is easily separated from the low resistivity overburden and from the slightly higher resistivity basement. The circled distortions on the curve are due to the nearby electric line (the frequencies of the distorted points unambiguously coincide with the basic 50 Hz and upper harmonics of the mains).

We acknowledge the help of dr. H. Unterwelz, Chief Geologist of the Österreichische Mineralöl Verwaltung (ÖMV) in planning the survey and in the interpretation.

---

\* Gyurkó P., Szabadváry L.



The present stock of our Library amounts to 24,258 volumes of books and periodicals as well as 27,927 miscellaneous items. In 1982 our stock was increased by 525 books, 368 volumes (2,165 pieces) of periodicals, 881 documentary publications and 180 brochures on instruments. Our collection of periodicals has been enlarged by 11 new periodicals. As a result of international exchange we have received 559 publications and dispatched 1,520 publications to 525 addresses in 59 countries. The services of our Library were utilized in the last year by 5,358 readers/borrowers.

\* \* \*

*In 1982 the following publications were issued:*

- Annual Report of the Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary for 1981
- Geophysical Transactions, vol. 28, Nos 1, 2
- Annual Report 1980 of the Tihany Geophysical Observatory.



ГОДОВОЙ ОТЧЕТ  
ВЕНГЕРСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА  
ИМ. ЛОРАНДА ЭТВЕША ЗА 1982. Г.





# 1 ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ





План полевых работ, проведенных ЭЛГИ в 1982 году, представлен на *рис. 1*.

В рамках программы *Комплексного геофизического изучения Задунайского Среднегорья* были выполнены разведочные работы на уголь и бокситы на фазах региональных поисков, прогноза и детальной разведки частично по заказу Венгерского Геологического института — МАФИ, частично по заказу заинтересованных в разведке угля и бокситов предприятий. Приведем несколько примеров результатов работ, проведенных на 22-х территориях.

В рамках программы *„Региональных поисков сенонских бурых углей гор Баконь“* были продолжены работы, начатые в 1980 году в районе Шюмег—Укк—Дьепюкаян. На *рис. 2* представлена карта рельефа подошвы бассейна, построенная на основании данных геофизических измерений и поисковых скважин. На территории Дьепюкаян по разведочным скважинам прогнозируются запасы бурых углей в 140 млн. тонн, калорийностью в 12 Мдж/кг, глубина залегания углей 500—700 метров.

Составлен окончательный отчет о поисках угля в *ЮВ-ном флорланде гор Герече*. Подведем итоги опыта проводимых с 1970 года геофизических работ. На стадии региональных поисков была построена карта остаточных гравитационных аномалий (*рис. 3*). На ее основании было обращено внимание на участок Мань—В—Жамбек, где зона минимумов широтного простираения могла быть связана с прогибом в рельефе фундамента, заполненном угленосной толщей и скрытом от эрозии. Это предположение было подтверждено впоследствии геофизическими измерениями и бурением. Большую роль играли геофизические измерения при заложении разведочных скважин. На *рис. 4* представлена карта рельефа поверхности триасового фундамента бассейна с составленным совместно с МАФИ планом заложения разведочных скважин. По результатам совместных работ на основании первых 10 скважин и результатов геофизических работ получена реальная картина запасов и их распространения на данной территории. На следующей стадии предварительной разведки применялись методы с большой разрешающей способностью, как, на-

пример, сейсмический метод ОВ и электромагнитное частотное зондирование МЧЗ. Сеть профилей, проложенная с учетом направления главных тектонических нарушений, является также и сетью системы СУРР (по территории было построено 9 профилей СУРР). Основой построения карты явились как раз профили СУРР (на рис. 79 приведен пример карты, полученной на ЭВМ). На основе всей имеющейся геологической и геофизической информации построена тектоническая карта района работ (рис. 5). Использование геофизических методов и график хода геологической интерпретации показан на рис. 6. В таблице № 1 обобщены данные тех скважин, которые были заложены на основании геофизических результатов. Нужно принять во внимание, что основной задачей скважин было получение максимума геологической информации, поэтому, напр., для оконтуривания рудного поля необходимо было заложение скважин и на непродуктивный участок.

На эксплуатационной фазе разведки угля были выполнены сейсмические измерения большой разрешающей способности методом ОВ над проектируемым главным штреком шахты Мань. Основной задачей этих измерений являлось определение места и амплитуды сбросов, затрагивающих угленосную толщу. Результаты представлены на мигрированном временном разрезе, окрашенном по значениями энергии (рис. 7). Отсюда видно, что проектируемый штрек пересекает главный сброс, а на южном тектонически сильно нарушенном участке еще несколько сбросов. В начале профиля штрек опасно приближается к триасовым отложениям (опасность притока воды).

Покажем также несколько примеров *разведочных работ на бокситы*. В процессе региональных поисков в юго-восточном форланде гор Герече, в *Тюкрёштуста* среди скважин, пробуренных в 1978 году, две подсекли бокситы, одна — угольный пласт. Эти продуктивные скважины подтвердили необходимость проведения дальнейших работ в этом районе. Результат площадных гравиметрических работ в этом районе представлен картой Буге на рис. 8/а. На западной стороне заливообразного минимума, расположенного на востоке участка, находится скважина Ти—12, которая подсекла и угли, и бокситы. Карта остаточных аномалий производных второго порядка (рис. 8/б) облегчила проектирование более трудоемких методов. На рис. 8/с отражены результаты потенциального картирования, которые из-за благоприятных параметров геоэлектрической модели хорошо отражают глубину основания бассейна. На рис. 8/с видна структурная карта рельефа поверхности основания бассейна, построенная с учетом всех геологических и геофизических данных. На ней выделяется несколько таких прогибов, которые могут быть перспективными на бокситы. На рис. 9 представлен профиль МЧЗ, пересекающий бокситоносные скважины и направленный по падению толщи.



На участке *Баконьослон* поиски и разведка бокситов ведется с 1969 года. В 1982 году работы велись в бассейне долины Араньош и к югу от Чеснека; начались региональные геофизические исследования рудопроявления бокситов юговосточного форланда Феньёфё. На *рис. 10* представлены результаты геофизических работ на южной территории Чеснека. Сначала измерениями VLF были определены ожидаемые структурные зоны и оконтурены участки с неглубоким залеганием фундамента. По карте разницы фаз VLF были выделены зоны прогибов в основании бассейна, заполненные эоценовыми или олигоценовыми отложениями. На основании двух карт VLF и карты горизонтальной проводимости с потенциального картирования была построена поверхность геофизического опорного горизонта. Скважины, заложенные на геофизические аномалии подтвердили наличие прогибов, а две из них пересекли бокситы. Изменение некоторых геофизических параметров вдоль профиля и его геологическая интерпретация изображены на профиле 00. По параметром, измеренным в скважине, построена колонка, на основании которой выделяется три типа разрезов.

В районе *Ньирада* значительный объем бокситов приурочен к поверхности карбонатной толщи верхнего мела, залегающей выше уровня карстовых вод, то-есть бокситы здесь легко добываемы. Определение поверхности верхнего мела геофизическими методами затруднено с одной стороны изменением физических параметров по горизонтали, с другой стороны — гетерогенностью покровных отложений. Обнадеживающие результаты получены проведением сейсмики МОВ с большой разрешающей способностью и МЧЗ. На примере (*рис. 11*) приведен участок профиля многочастотного зондирования, на котором непрерывно прослеживается поверхность толщи верхнемеловых отложений и выявляются два разлома. Интересно, что отношение сопротивлений эоценовых и меловых пород изменяется вдоль профиля.

Результаты детальных измерений на бокситы в районе *Чордакут* представлены на *рис. 12/б* в сравнении с результатами ранее проведенной фазы разведки (*рис. 12/а*). Перспективность большей части участков, выделенных на основании работ 1978 года, подтверждена позже пройденными скважинами. *Рис. 13/а* является аксонометрическим изображением карты глубин (*рис. 12/б*) и помогает обозреть территорию со сложным рельефом. На *рис. 13/б* красным цветом показана поверхность триасовых образований в тех местах, где она скрыта бокситами. Таким образом становится более выразительным объемное распространение бокситов. Основываясь на продуктивных скважинах, были проведены измерения профилей МЧЗ для определения мест заложения оконтуривающих линзу скважин. Представим три таких профиля. На профиле АА' (пункт 2.2.3, *рис. 80*) бокситы выклиниваются вдоль разлома. Интерес этого профиля



состоит еще в том, что на левой стороне результаты МЧЗ показали изменение в фациях эоценовой толщи, к которым приурочено выклинивание и угленосной толщи. На профиле ВВ' (*рис. 14/а*) по результатам МЧЗ непосредственно выявляются бокситы, на профиле СС' (*рис. 14/В*) хорошо видно выклинивание эоценой толщи, а также, что бокситы залегают в деформированном тектоническом грабене.

**В северной Венгрии** продолжалась комплексная геофизическая съёмка на территории *центральной и западной части гор Матра*. Было проведено сгущение сети гравиметрических измерений на площади в 200 кв. км, были продолжены сейсмические профили МОВ в южном направлении и проводилось оконтуривание ранее выявленных аномалий ВП. Кроме того проводились измерения ВЭЗ и МЧЗ для разрешения проблем картирования. План проведенных работ представлен на *рис. 15*. Гравитационные измерения в Матре практически закончены, на 1983 год осталось только несколько участков, непроходимых для автотранспорта. Введение топографической поправки автоматизировано на ЭВМ для единой интерпретации данных по всей территории, в настоящее время производится обработка данных. Новизна сейсмических измерений заключается в введении воздушной пушки как источника колебаний. На *рис. 16 и 17* показан разрез, полученный ВИБРОСЕЙС и с возбуждением волн воздушной пушкой. На основании сравнения двух методов так кажется, что воздушная пушка может применяться в Матре для исследований вулканической постройки, хотя глубинность ВИБРОСЕЙС на территориях, покрытых вулканическими образованиями, несколько выше. Самый интересный структурный элемент виден на профиле МА—2G/82 в районе пункта 700° (*рис. 18*). Резкая граница может являться зоной прорыва магм или горизонтальным сдвигом. Исследование возможности оруденения на малых глубинах, проводимое методом ВП, распространено и на рудный участок центрального района гор Матра (*рис. 19*). Бросается в глаза, что там, где оруденение имеет большое распространение, то-есть наблюдается большое число гидротермальных жил, имеются значительные аномалии ВП, а на периферии участка, где оруденение представлено одной—двумя жилами, аномалий ВП нет. Среди перспективных участков, выделенных на основании аномалий ВП, имеются ранее известные (А и В), но есть и ранее неизвестный (Е). Одним из типов геофизических задач, связанных с геологическим картированием, являлось определение отложений (малого сопротивления), залегающих в почве верхней андезитовой толщи. На *рис. 20/а* показан профиль ВЭЗ, а на *рис. 20/б* — профиль МЧЗ. На результатах МЧЗ меньше сказываются искажения за счет горизонтальной неоднородности слоев и с ними можно получить информацию из-под экранирующего горизонта. На сильно закрытых склонах гор для разделения потоков лав и пирокластических слоев было проведено

электрическое профилирование и магниторазведка. На *рис. 21* видно, что изменение значений сопротивления в широких пределах действительно связано с перемеживанием осадочных и вулканических пород. Магнитные измерения трудно интерпретируемы из-за обломков андезитов, покрывающих склоны гор.

В горах *Аггтелек—Рудабанья* перед нами стояла задача решения нескольких проблем совершенно разного характера. План геофизических работ показан на *рис. 22*. Сейсмическим методом были выполнены методические опытные исследования с целью выявления неглубоких структур и горизонтов высокочастотным МОВ. Кроме опытных методических задач каждый профиль имел и конкретную геологическую задачу. План приведенных в качестве примера двух сейсмических профилей, показан на *рис. 23*. Профиль РА—3/81, временной разрез которого представлен на *рис. 24*, имел своей целью специальное исследование структур, а профиль Апп—2/81 пройден с *рис. 25* целью выявления ангидрита. Определение отдельных структурных элементов и характерных черт залегания по этому профилю помогло выделению перспективных участков. На *рис. 26* на карте, построенной по скважинам, обозначены те структурные элементы, которые определены на сейсмических профилях. Совпадение геологических и геофизических данных удовлетворительное. Магнитные измерения проводились с целью детализации магнитных аномалий, ранее выявленных региональными и аэромагнитными измерениями. В качестве примера покажем результаты расчета возмущающего тела по профилям  $\Delta T$ , перпендикулярным простиранию слоев (*рис. 27*). Была рассчитана разница измеренных и расчетный значений  $\Delta T$  по профилям и по ней построена карта (*рис. 28*). Качество расчета возмущающего тела можно принять хорошим, так как разница не превышает 10%. Для решения картировочных задач были проведены измерения методом сопротивлений и магниторазведки. На территории Харагистья изучалось распространение и залегание более молодой, чем анизийские известняки, толщи с помощью метода дипольного профилирования и ВЭЗ (*рис. 29*).

Один из крупнейших в Карпатском регионе районов развития офиолитов находится в югозападной части *Бюккских гор* в Северной Венгрии. В познании его стратиграфии (Balla et al., 1980) и петролого-геохимических особенностей (Balla et al., 1983) в последнее время наметился существенный прогресс. В результате геологической съемки, выполненной в 1979—1982 гг., составлена геологическая карта масштаба 1:20 000 (*прил. 1*), на основе которой стало возможным уточнить тектонику района.

Выделяются две тектонические единицы: Сарвашкёйская синформа и Моноклираль Плато Бюкк. Ось Сарвашкёйской синформы погружается к югозападу. В строении синформы принимают участие четыре тектонических покрова (*прил. 2*), породы которых могут быть объединены в три



литостратиграфических единицы — свиты. Стратиграфическая последовательность этих трех свит (рис. 33) вытекает из характера изменения их литологических особенностей. Надежных палеонтологических датировок по ним неизвестно, но их возраст, вероятно, находится в пределах интервала средний триас — средняя юра. В покровах, залегающих в составе Сарвашкёйской синформы друг над другом, снизу вверх наблюдаются все более древние фрагменты стратиграфического разреза, хотя в пределах каждого отдельно взятого покрова слои омолаживаются снизу вверх. В формировании синформы необходимо различать не менее трех событий: первичное смятие и рассланцевание, покровообразование, наконец, вторичное смятие и рассланцевание. Во времени они могут перекрывать друг друга. Современная структура синформы обнаруживает ЮВ-ную вергентность.

Моноклиналь Плато Бюкк сложена однородной толщей известняков. Ее стратиграфические соотношения с упомянутыми выше тремя свитами не выяснены, но возраст, повидимому, попадает в тот же самый интервал. Эта единица оказалась перед уже готовой Сарвашкёйской синформой благодаря левому сдвигу, затем была прижата к ней с севера (рис. 35—37). В формировании структуры района, таким образом, можно выделить не менее трех фаз деформации, вергентность в которых хотя и изменялась, но все время обладала южной составляющей (рис. 38). Во всех трех фазах имели место пластические деформации, но их роль уменьшалась от фазы к фазе. Предполагается, что все фазы относятся к среднему мелу при наличии перекрывающей толщи большой мощности, на что указывает характер деформаций (рис. 34) и метаморфизм пренит-пумпеллиитовой фации. Ослабление пластических деформаций со временем, возможно, связано с постепенной денудацией перекрывающей толщи.

По теме *геофизического исследования геологических основных разрезов* продолжались сейсмические работы по МОВ на ЮЗ окраине Малой Низменности и в Задунайском среднегорье, а в области Задунайского среднегорья продолжалось прослеживание хорошо проводящих формаций в приподнятом положении при помощи магнитотеллурических измерений и были заново обработаны раньше замеренные МОВ сейсмические профили. Все данные, полученные до сих пор о распространении и положении хорошо проводящих формаций, подытожены на рис. 39. Новым достижением является отождествление по большей части сейсмических профилей поверхности хорошо проводящих формаций с преломляющими границами. Самым ярким примером является профиль ДК—1, показанный на рис. 42. Для прослеживания отражения, которое проявляется с высокой энергией в пределах 2,0—2,5 с, можно также использовать результаты работ, проведенных в данном районе с целью разведки полезных ископаемых (рис. 40). К настоящему времени впервые публикуется



разрез МК—3, пересекающий целое Задунайское среднегорье, на основании единой, современной обработки (рис. 41). На разрезе изображены и результаты МТ измерений. Приведенные примеры служат иллюстрацией фактического материала, для унифицированной интерпретации явлений требуется дальнейший сбор данных.

По теме *гидро- и инженерно-геофизических исследований* приводятся три примера. *Геофизическое исследование конусной осыпи р. Марош* было завершено в 1982 г. Самым существенным геологическим результатом наземных геофизических работ были определение глубины и оконтуривание конусной осыпи. Вертикальное строение конусной осыпи можно изучать при помощи геофизических разрезов (рис. 43) и карт, построенных по результатам измерений различной глубинности (рис. 44, 45, 46 и 47). Продольное распространение и площадное расчленение конусной осыпи приведены на рис. 48, построенном по данным геофизических разрезов и карт. Важнейший гидрогеологический результат работ заключается в том, что на площади примерно 1600 кв.км были определены условия осадкообразования конусной осыпи, в пределах этой площади были оконтурены участки различной перспективности и намечены районы для детальных работ по выявлению ресурсов воды. В решении этого вопроса существенным является выяснение условий притока воды в водоносных толщах. Очевидно, такие условия будут наиболее благоприятными там, где древние реки протекали непрерывно или повторно и отлагали свои наносы без длительных перерывов. Система древних рек, создающих молодые формации конусной осыпи, прослеживается на основании карты сопротивлений в верхней части покрова (рис. 49). Исследование принесло много методического опыта, в том числе определение закономерностей распределения кажущейся поляризуемости и истолкование диаграмм  $q-R$ , полученных в результате скважинных измерений (рис. 50 и 51).

В процессе *геофизического исследования террасы и конусной осыпи р. Раба* самая важная для вскрытия воды верхняя осадочная толща мощностью 250 м была разделена в пять связанных слоев, а именно: террасы, конусной осыпи, глинистого опорного пласта, нижней песчано-глинистой толщи, глинистой подошвы. При планировании регионального водоотбора терраса и конусная осыпь могут быть приняты за верхнюю базу водоотдачи, и нижний песчано-глинистый пласт — за нижнюю базу. Самые перспективные районы водных баз приведены на рис. 52; рис. 53 иллюстрирует террасные формации, а рис. 54 — гидрогеологическую квалификацию конусной осыпи.

Новой, интересной темой является *геофизическое исследование районов с оползнями*. Для исследования высокого берега р. Дравы в сотрудничестве с югославским ГЕОЭКСПЭРТ-ом и институтом Визитерв

было начато методическое исследование. Принципиальная основа применения геофизического метода заключается в том, что хотя литологический состав участвующих в оползнях пород не изменяется, их физические параметры отличаются от параметров первоначального массива в спокойном состоянии. В качестве первого шага исследования по профилям ВЭЗ, перпендикулярно пересекающим намеченные на аэросъемках характерные участки берега, была определена геоэлектрическая модель (рис. 55/а). Затем при помощи инженерно-геофизического зондирования проверяется правильность модели и получается детальная картина с хорошим разрешением по верхней толще мощностью 20—30 м (рис. 55/б). Было установлено, что объемный вес показывает решительное расхождение между спокойными и скользящими частями. Характер скольжения различен для верхней и нижней частей берега. В пространстве высокого берега отвод воды не решен, в связи с чем склон берега постоянно находится в неустойчивом состоянии. Дальнейшие гидрогеологические работы требуются для решения вопроса о характере гидрологического режима, вызывающего движение берега.

*Повторная интерпретация результатов данных сейсморазведки по МОВ в районе Хайдушаг* принесла интересные результаты по некоторым аспектам. По сопоставлению с прежней обработкой (см. рис. 36 Годового отчета ЭЛГИ за 1977 г.) на разрезе, обработанном на ЭВМ ЕС—1035 при помощи программной системы СЦС—3 и изображенном на плоттере Версатек (рис. 57), а также на разрезе, построенном в цветном изображении с оттенками по энергии на плоттере ЭЛГИ типа Короллпресс, структурная картина как подошвы, так и осадочной толщи показывает скачкообразное улучшение (рис. 58). В подошве можно наметить вброс, наличие которого подтверждается пробуренной в районе скважиной. Паннонская толща пересечена сбросами почти до дневной поверхности, которые на цветном изображении значительно лучше прослеживаются. План линии показан на рис. 56.

*План проведенных в Ноградском угольном бассейне сейсмических работ* приведен на рис. 59. Задача сейсморазведки заключалась в прослеживании угленосной толщи от известных и разрабатываемых залежей к западу, расчленении миоценовой толщи на западном сброшенном крыле разлома Сенткут—Шошхартян, прослеживании раздела миоцена—олигоцена и прослеживании угленосной толщи в продуктивной области по профилю. В разрезе, показанном на рис. 60, удалось проследить угленосную толщу, а также поверхность нижнего риолитового туфа. В разрезе, приведенном на рис. 61, прослеживаются все характерные разделы района. В результате работ в 1981—82 гг. можно было оконтурить район, где нецелесообразно проведение разведочного бурения, так как угленосная толща залегает ниже предела экономичности (500 м).

## 2 ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ





### 2.1.1 Усовершенствование системы программ для объемных сейсмических измерений\*

В годовом отчете ЭЛГИ за 1981 год нами были показаны основные программы для обработки данных площадной сейсмической съемки на примере материалов, полученных на территории Жамбек.

В 1982 году система была дополнена миграцией 3Д и программой для изготовления горизонтального сечения определенного времени. Обе эти программы подключаются к советской системе обработки СЦС—3.

Программа миграции осуществляет миграцию двухступенчатого волнового уравнения (Prakla—Seismos Information No. 31, 1981), суть которой заключается в следующем:

Волновое уравнение 3Д

$$U_{xx} + U_{yy} = \frac{4}{c^2} U_{tt},$$

где:

$U(x, y, z, t)$  — уравнение, описывающее волновое поле

$c(x, y, z)$  — уравнение скоростей

$x, y$  — поверхностные координаты

$z$  — координаты глубины

$t$  — время

Это уравнение по поверхностным координатам можно разделить на два:

$$U_{xx} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz},$$

$$U_{yy} = \frac{2}{c^2} U_{tt} - \frac{1}{2} U_{zz}.$$

Полное решение дает сумма результатов обоих уравнений. Из этого принципа исходит основная идея двухступенчатого метода: сначала вво-

\* Драхош Э., Килени Э., Ковач Л., Мерле Р., Шипош Й.

дим данные суммированных профилей по координате  $x$  объемной сети измерений и проводим отдельно их миграцию по координате  $x$ , как мигрируются профили площадной съёмки 2Д. В следующей операции вводим данные полученных профилей после первой операции (система данных, мигрированных по  $x$ ) и выполняем миграцию 2Д по координате  $y$ , таким образом получаем результаты миграции 3Д.

Разница между алгоритмом метода непосредственного разделения и алгоритмом итеративного двухступенчатого метода разделения заключается в следующем: в методе разделения при каждой ступени продолжения вниз нужно произвести упорядочение данных по координатам  $x \leftrightarrow y$ , в двухступенчатом методе эту операцию нужно произвести только один раз, сэкономив значительное количество машинного времени. Согласно литературным данным (GIBSON—LARNER—LEVIN 1982: Efficient 3D migration in two steps Geoph. Prosp. 31. 1) самая большая ошибка метода наблюдается тогда, когда угол между координатами  $x$  или  $y$  и падением пластов составляет  $45^\circ$ . Если этот угол 0 или  $90^\circ$ , то ошибка, выраженная ошибкой определения скорости при миграции, не больше 5%.

Нами разработана программа, позволяющая сделать выбор сечения для определенного времени (GSI 3D Technology, 1980). На них отображены значения амплитуд для соответствующих времен. Сечения по сейсмическим каналам записываем на магнитную ленту, при этом координата  $y$  соответствует времени  $t$ . Таким образом, методы системы СЦС—3 можем использовать для представления результатов или для дальнейших преобразований.

В качестве примеров представим некоторые результаты, полученные на территории Жамбек. На *рис. 62* показаны три параллельных профиля широтного направления (Е—49, 50, 51). В интервале времени между 0,2 и 0,3 с обозначен горизонт, соответствующий миоценовым туфам или отражающему горизонту, находящемуся непосредственно вблизи них (тонкая линия). Горизонт, обозначенный в интервале времен 0,4—0,5 сек прерывистой линией, совпадает с фундаментом триасового времени (жирная линия). На временных разрезах выделяется очень много дифракций (обозначено штриховкой), обоснованных раздробленностью фундамента, но по временным разрезам нельзя определить точное местоположение и амплитуду тектонических нарушений. Даже сброс, обозначенный в середине профилей (под вопросом), прослеживается только по верхним непрерывным отражающим горизонтам. На *рис. 63* представлены те же самые профили в варианте 3Д с миграцией. На правой стороне профилей из запутанной картины дифракций выявился сброс большой амплитуды, а перед ним небольшой грабен. Из мигрированных профилей даже хорошо видно, что и миоценовые туфы затронуты сбросом. В результате миграции 3Д стало возможным и определение амплитуды сброса.



Построение сечений для определенных времен дает возможность видеть площадное распространение отражающих горизонтов (рис. 64). На сечениях северного направления, построенных через 20 мс, обозначены горизонты туфов, выделяемые на профилях (жирной линией), и „изолинии“ отражений, возникающих вблизи них (тонкая линия). Там, где корреляция не надежна, обозначения проведены пунктиром. Из серии сечений хорошо видно ВЮВ падение слоя миоценового туфа (что подтверждается и буровыми данными), и то, что изолинии не являются конформными. Отсюда можно сделать вывод о том, что падение следующих друг за другом слоев несколько отличается. Под отражающими горизонтами, возникающими вблизи туфов, не видно хороших горизонтов, характерных для всей площади, только в некоторых местах возникает концентрация энергии. В центральной части южного участка территории на сечении, построенном на уровне 240 мс, появляется „блок энергии“, который связан с поднятием доломитов, имеющим место на южном конце профилей, а повышение энергии на сечении в 260 мсек в ЮЗ части участка также связано с другим блоком доломитов. На продолжении ограничивающего их сброса изолинии горизонта миоценовых туфов резко изменяют свое направление; это означает, что сброс затронул и их.

## 2.1.2 Экспедиционная система обработки сейсмических данных на базе ЭВМ ЕС—1010\*

В 1982 году был завершен пятилетний план разработки пакета программ для обработки данных сейсморазведки непосредственно в поле на базе ЭВМ ЕС—1010. Хотя с 1978 года отдельные результаты этих работ систематически публиковались в годовых отчетах, все таки считается необходимым представить современную конфигурацию и программную систему, тем более, что эта система уже два года используется специалистами ЭЛГИ в Греции на основании договора, заключенного с Греческим национальным нефтяным предприятием Д. Е. Р., и значительно облегчает полевые работы.

Конфигурация ЭВМ определялась полевыми условиями (возможностью смонтирования на автомобиле, минимальным потреблением тока и т. п.), в связи с чем она состоит из следующих устройств:

- центральное устройство ЕС—1010 с памятью емкостью в 64 кбайт,
- консольный дисплей,
- системный диск с фиксированной головкой на 800 кбайт,
- АЦПУ,

---

\* Корвин Г., Молнар И., Петрович И., Рац И.

- перфоленточная станция,
- терминальный дисплей,
- 2 диска с фиксированной головкой на 800 кбайт каждый, с каскадом для мультиплексирования и демультиплексирования,
- 2 НМЛ, 9-и дорожечный, с плотностью записи 800 битов на дюйм,
- 1 НМЛ, 9-и дорожечный, с плотностью записи 1600 битов на дюйм,
- 21-о дорожечное вводное устройство,
- специальный процессор (выполняющий операции смещения массивов данных, шкалирования, кинематической поправки, свертки),
- цветной плоттер типа Короллпресс, работающий в автономном режиме.

В процессе разработки системы значительно возросли пожелания, связанные с математическим обеспечением. Первоначально в плане были предусмотрены мультипликация, контроль качества и получение простого суммированного профиля и была разработана следующая система программ:

#### *Программы ввода данных*

Демультиплексирование материалов на 21-о или 9-и дорожечных НМЛ (с плотностью записи 1600 *bpi* или 800 *bpi* соответственно) образование необходимого для обработки (на ЭВМ) формата.

#### *Система программ полевой предварительной обработки данных*

- регистрация записанных данных и подготовка необходимых параметров к обработке, контроль, запись на диск;
- рутинные программы ввода/вывода на магнитную ленту
- приемы построения сейсмограмм (мьют, килл и т. д.)
- статическая поправка
- кинематическая поправка
- деконволюция
- полосовая фильтрация
- суммирование
- программы представления материалов (КОРОЛЛПРЕСС) в графическом изображении

При определении качества полевых материалов, при выборе вибросигнала и прочих полевых параметров нами значительно использовались возможности Короллпресса (см. отчет 1981 года, рис. 70).

На основании опыта полевых работ первых лет в 1982 году было осуществлено следующее усовершенствование системы программ:



- был упрощен диалог между ЭВМ и интерпретатором
- значительно ускорена обработка введением мультипрограммирования: в настоящее время одновременно обрабатываются два профиля и можно выполнить подготовку и контроль параметров следующего профиля;
- система предварительной обработки расширена такими программами, которые обычно имеются только в больших вычислительных центрах (исправление автоматической статической поправки, миграция волнового уравнения, пригодная до углов падения в  $45^\circ$ , программы обработки искривленных профилей), таким образом получена возможность полной обработки материалов в поле.

В качестве примера на *рис. 65* приводится рассчитанная скаттерограмма при измерениях по кривой линии. На рисунке в том же масштабе (калька может быть наложена на карту) квадратики обозначают исходящую из геометрии измерений общую глубинную точку, цвет квадратиков указывает на количество перекрытий глубинных точек. Изготовление скаттерограммы целесообразно до начала измерений, она может использоваться в качестве первого шага обработки (может быть описана любой ломаной линией) для определения линии интерпретации.

В экспедиционном вычислительном центре ввод полученных данных на ЭВМ и проверка их качества может производиться каждодневно, экспресс-интерпретация материалов может быть выполнена за 2—3 дня.

В 1976 году корреспондент газеты „Time Break“ сделал опрос ведущих геофизиков об актуальных проблемах и перспективах геофизики. Самые противоречивые ответы были даны на вопрос „Каково будущее полевой ЭВМ?“ (Time Break, Spring 1974 pp 6—19). ЭЛГИ уже давно верит в будущее полевых ЭВМ, и достигнутые в экспедиции результаты подкрепляют эту веру. Надеемся, что через несколько лет можем сообщить о похожих успехах в использовании разработанной системы программ уже для ЭВМ ЕС—1011.

### 2.1.3 Специальный процессор с плавающей запятой\*

Специальный процессор, разработанный для обрабатывающей системы на базе малой ЭВМ ЕС—1010, работающей в реальном масштабе времени, был усовершенствован в соответствии с потребностями и опытом. Спецпроцессор был расширен арифметикой умножения и суммирования

\* Кожаты Й., Пахи Л., Райнаи Р., Лазарович Д., Рац И., Молнар И.



с плавающей запятой, внутренняя оперативная память спецпроцессора была расширена, выполнение операций происходит под управлением микропрограммы. По отдельному заказу к спецпроцессору поставляются арифметика деления и извлечения корня с плавающей запятой, а также магнитный диск в качестве внешнего запоминающего устройства.

Объем внутренней памяти спецпроцессора с плавающей запятой в основной конфигурации составляет  $8\text{ К} \times 40$  бит. Цикловое время — ок. 70 нс. Объем памяти PROM для хранения микропрограмм равен  $1\text{ К} \times 32$  бит. Микропрограммное управление операциями позволяет легко и быстро расширять сферу выполняемых спецпроцессором операций.

До сих пор спецпроцессор был стыкован с полевой сейсмостанцией СД—20 и производится его стыковка с ЭВМ ЕС—1011 и ЕС—1035.

Стыковка специального процессора с плавающей запятой с ЭВМ ЕС—1011 носит монокомандный характер и способна последовательно выполнять отдельные команды, т. е. осуществлять сцепление команд.

Канальная команда запускается нормальной монокомандной инструкцией.

После получения командного блока специальный процессор считывает листовой блок, состоящий из 9 слов, начиная от заданного во втором и третьем словах адреса, с памяти ЭВМ ЕС—1011. Этот блок содержит информацию для процессора об операции, выполнение которой предстоит, о величине массива данных, на котором необходимо выполнить данную операцию, о местонахождении этого массива данных в памяти ЭВМ ЕС—1011 и о месте размещения результирующего массива.

После считывания 9-и слов специальный процессор выполняет намеченную операцию, затем генерирует прерывание (Т) для центрального процессора. В случае предписания сцепления команд, вместо генерирования прерывания процессор считывает последующий листовой блок из 9-и слов и выполняет заданную в нем команду. Таким образом происходит сцепление любого количества команд. Генерирование прерывания происходит только в конце ряда операций или в случае сбоя. Листовые блоки из 9-и слов при сцеплении команд должны последовательно размещаться в памяти.

### *Операции специального процессора*

#### **MOV**

Команда MOV служит для перемещения массивов данных из двойных слов с плавающей запятой. При выполнении команды массив данных попадает из памяти ЭВМ во внутреннюю память СП, затем оттуда в другую область памяти ЭВМ. Максимальное количество слов, задаваемых одной командой, составляет  $8\text{ К}$  двойных слов.

## STACK

Команды STACK позволяет слагать два массива данных с плавающей запятой. Один из массивов данных необходимо загрузить во внутреннюю память СП при помощи команды MOV. Другой массив направляется в тот же сектор памяти СП при помощи команды STACK. Под эффектом команды на вводный адрес СП попадает сумма двух массивов.

## AVE

Команда AVE предназначена для вычисления среднего абсолютного значения по 32 двойным словам массивов данных, состоящих из двойных слов. Количество слов выходного массива является 1/32 долю от количества слов входного массива.

$$A_m = \frac{\sum_{n=32m}^{32m+31} |A_n|}{32}, \quad m = \frac{N}{32},$$

$A_n$  —  $n$ -ый элемент входного массива

$A_m$  —  $m$ -ый элемент выходного массива

$M$  — количество слов в выходном массиве

$N$  — количество слов в входном массиве

## FLL

Команда FLL служит для загрузки параметров в внутреннюю память спецпроцессора. Под влиянием команды количество параметров попадает в счетчик параметров, а начальный адрес их — в счетчик адреса параметров.

## SCL (Масштабирование)

Операция масштабирования служит для пере-масштабирования (программной регулировки) данных сейсмических трасс. Функцию шкалы, заданную через 32 выборки, необходимо предварительно загрузить во внутреннюю память спецпроцессора при помощи команды FLL. Операция SCL производит линейную интерполяцию этой функции в ходе выполнения, и умножает соответствующий элемент входного массива на соответствующее интерполированное значение.

$$K_m = K_i - \frac{K_i \cdot l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad \begin{array}{l} l=0 \dots 32 \\ i=0 \dots I \\ m=0 \dots M \end{array}$$
$$Y_m = X_m \cdot K_m$$

где:

$K_i$  —  $i$ -ый элемент функции шкалы, заданный через 32 выборки

$K_m$  —  $m$ -ое интерполированное значение

$X_m$  —  $m$ -ый элемент входного массива

$U_m$  —  $m$ -ый элемент выходного массива.

## NMO

Операция служит для выполнения кинематической поправки сейсмических каналов. Операция определяет поправочный член для каждого выходного значения путем линейной интерполяции. Поправочные члены вычисляются из функции поправки, заданной через 32 выборки. Перед операцией NMO необходимо загрузить функцию поправки при помощи команды FLL во внутреннюю память спецпроцессора.

Формат данных функции поправки является следующим:

|   |    |     |
|---|----|-----|
| + | 64 | $M$ |
|---|----|-----|

Верхние 10 разрядов мантииссы представляют собой поправочный член адреса  $C_m$ , а следующие 5 разрядов — функцию умножения. Для обозначения поправочного значения для выходного элемента  $F_m$  используется  $K_m$ .

$$K_m = \frac{K_i(32-l) + K_{i+1} \cdot l}{32} = K_i - \frac{K_i l}{32} + \frac{K_{i+1} \cdot l}{32}, \quad l=0,1 \dots 31$$

Во время интерполяции арифметика сложения не нормализует окончательный результат. Таким образом получается следующий формат данных значения поправки  $K_m$ :

|   |    |             |       |             |
|---|----|-------------|-------|-------------|
| 8 |    | 17 18       |       | 27          |
| + | 64 | $C_m$       | $F_m$ |             |
|   |    | 10 разрядов |       | 10 разрядов |

Значение  $m$ -го элемента выходного массива:

$$D_m = A_n(1 - F_m) + A_{n+1}F_m = A_n - A_n F_m + A_{n+1}F_m,$$

где:

$$n = m + C_m,$$

$A_n$  —  $n$ -ый элемент входного массива.

Окончательный результат получается в виде нормализованного числа с плавающей запятой.



## РЕК

Операция предназначена для рекурсивной фильтрации сейсмических каналов. Значения функции фильтра необходимо загрузить во внутреннюю память при помощи команды FLL. Обозначим выходные данные через  $Y_k$  ( $k=0, 1, \dots$ ): входные данные через  $X_k$ , значения фильтра через  $C_i$  ( $i=1, 2, \dots I$ ). Реализованное функциональное отношение будет

$$Y_k = X_k + \sum_{i=1}^{I-1} Y_{k-i} C_i.$$

## CDV

Операция служит для фильтрации сейсмических каналов путем свертки. Дискретные значения функции свертки необходимо загрузить во внутреннюю память при помощи команды FLL. Обозначим выходные данные через  $Y_k$  ( $k=0, 1, \dots$ ), входные данные через  $X_k$ , а значения фильтра через  $C_i$  ( $i=0, 1, \dots I$ ).

$$Y_k = \sum_{i=0}^{I-1} X_{k-i} C_i.$$

## ОТТ

Операция служит для стирания внутренней памяти спецпроцессора. Стирание производится от заданного адреса в заданном секторе памяти.

## ORE

Команда соответствует одной команде ОТТ и одной команде РЕК.

## OCN

Команда соответствует одной команде ОТТ и одной команде CNV.

## FFT

Операция быстрого преобразования Фурье служит для преобразования данных из временного диапазона в комплексный частотный диапазон по следующей формуле:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n) W_N^{2nk} + \sum_{n=0}^{N/2-1} x(2n+1) W_N^{(2n+1)k},$$

где

$$W_N^2 = [e^{-j(2\pi/N)}]^2,$$

Где:

$X(k)$  = ряд данных комплексных частот

$x(k)$  = ряд данных в интервалах времени  $n$

$n$  = 0, .....  $N/2$

$N$  = количество слов данных

К специальному процессору с плавающей запятой по отдельному заказу поставляется устройство сопряжения диска, которое подключает диск с емкостью 2,5 Мбайт к внутренней шине. При этом спецпроцессор использует диск в 2,5 Мбайт в качестве вспомогательного запоминающего устройства. При обработке больших массивов данных диск может использоваться для хранения промежуточных результатов, освобождая шину ввода/вывода и оперативную память ЭВМ ЕС—1011 от обмена данными. Если спецпроцессор записывает промежуточный результат на диск или запрашивает массив данных оттуда, то соответствующая информация также задается в командном блоке при запуске.

Во время выполнения операции на диске спецпроцессор является занятым и остается таким до завершения диском обмена данными. Данные хранятся на диске в формате чисел дополнения к 2 из двойных слов с плавающей запятой.

#### 2.1.4 Подключение спецпроцессора к ЭВМ ЕС—1035\*

Вычислительный центр ЭЛГИ на базе ЭВМ ЕС—1035 для геолого—геофизического применения был расширен в 1982 г. устройством собственного выпуска: специальным процессором с плавающей запятой, разработанный первоначально для наших обрабатывающих систем на базе ЭВМ ЕС—1011.

Обработка геофизических данных требует выполнения вычислений типа корреляционного анализа на большой массе данных. Общеизвестно, что — при предположении элементов одинаковой степени интеграции — при программированном вычислении таких операций решение за счет только технических средств обеспечивает ускорение на 20—100 раз, поэтому целесообразно выполнять повторяющие вычисления в большом объеме на специализированном устройстве.

Известны три пути подключения этого спецпроцессора к ЭВМ:

1. Расширение набора команд машины операциями матрицы (Такова напр. модуль матрицы для ЕС—1055). Достоинство такого решения заключается в том, что оно требует только расширения набора ко-

---

\* Касаи М., Чонтош Ф., Дюрашич Т., Зонг Л.

манд для процессора, и имеет недостаток, а именно, что во время выполнения операции матрицы процессор и оперативная память являются занятыми, не могут быть использованы для производства других операций.

2. Спецпроцессор, не имеющий собственного ЗУ. (Таковы напр. IBM 2938, ЕС 2335, подключаемый к ЕС—1035). Недостатком этого решения является то, что во время работы оно занимает ОЗУ, таким образом процессор только в ограниченной мере может быть использован для других работ. Требуется встраивание отдельного КПД.
3. Спецпроцессор с собственным ЗУ, который в качестве периферийного устройства подключается к ЭВМ. (Таково напр. устройство IBM 3838, но ряд подобных решений известен даже в сочетании с известными малыми ЭВМ.)

Здесь ныне уже не слишком большие добавочные расходы на собственное ЗУ излишне подкупаются тем, что процессор занят только на время запроса, однократного вывода/ввода данных в ОЗУ, а полная система со всеми мощностями может быть использована для прогона других программ — будь это другие виды геофизической обработки.

Разработанный нами для ЕС—1011 спецпроцессор был подключен к ЕС—1035 по варианту 3). Решение является универсальным: подключение может быть произведено к любому селекторному каналу серий I и II ЕС ЭВМ, или систем IBM 360 и 370. Мы для нашей собственной машины ЕС—1035 подключили процессор к 4-ому селекторному каналу по следующей блок-схеме (рис. 66):

ЕС—2635  
ЦПУ ЕС—1035





Наше решение позволяет выполнять обмен данными при скорости выше 1 мегабайт/сек. Мы считали целесообразным не подключать другие периферийные устройства к этому селекторному каналу.

Активация спецпроцессора осуществляется путем стандартной процедуры вызова периферии IBM (при помощи команд SIO, TIO, TCH). После проведения вызова канал становится хозяином; каналные команды истолкуются и каналом и платой сопряжения. Это обеспечивает, однако, только операции ввода/вывода спецпроцессора, как периферийного устройства. При единственном вызове (EXCP) одновременно можно выдать цепь каналных команд (CCW), состоящую из не более 256 членов), то есть при одном вызове можно выполнять при помощи спецпроцессора не более 256 разных операций. Слова каналной команды содержат все необходимые информации для выполнения операций ввода/вывода: типы операций, виртуальные начальные адреса в ЗУ выводимых и вводимых данных, длину их блоков и т. д. Коды команд фактически выполняемых операций, все информации для работы спецпроцессора (изложенные в описании спецпроцессора листовые слова) канал высылает нормальной операцией записи к спецпроцессору. Интерфейс подбирает посланную информацию по массиву управления и массиву данных.

Конец процесса вывода данных устройство сопряжения индицирует для спецпроцессора, затем спецпроцессор самостоятельно выполняет заданные операции на данных, имеющихся в собственном ЗУ. За это время процессор и все остальные мощности ЕС—1035 освобождаются для выполнения любых других работ. После того как спецпроцессор совершил все заданные операции, интерфейс инициирует прерывание по 4-ому селекторному каналу и управление возвращается к потребительской программе по способу, совершенно совпадающему с перифериями IBM.

### *Программная поддержка подключения спецпроцессора*

Спецпроцессор может быть вызван на ЕС—1035 по следующим 4 уровням программирования:

- а) Физическое выполнение ввода/вывода (не рекомендуется),
  - б) при помощи хэндлера, разработанного в ЭЛГИ,
  - в) применением системы GVPS (Geophysical Vector Processing System), разработанной ЭЛГИ,
  - г) через программную систему СЦС—3, разработанную Координационным Центром Унтернефтегаз.
- 
- а) Как всякая периферия, и спецпроцессор может управляться прямым физическим выполнением ввод/вывода. При этом потребитель сам заботится о выполнении всех задач по управлению периферией,

что требует излишне больших работ по программированию, поэтому применение такого способа рекомендуется только в случае внедрения нового способа обработки.

б) Разработанный в ЭЛГИ хэндлер обеспечивает связь между спецпроцессором и потребителем, т.е. он выполняет все функции, необходимые для управления периферией:

- устанавливает и активирует требуемые операционной системой управляющие блоки (контрольный блок процессора, блок управления аппаратурой и и. п.),
- составляет на основании заданных потребителем данных цепь слов канальных команд,
- проверяет, не требует ли обрабатываемая программа выполнения операции, которую спецпроцессор не в состоянии выполнять (операция на слишком больших блоках, переполнении или недополнении, несуществующий адрес ЗУ, несуществующий код команды и тп.),
- ощущает положение конца операции, возвращает управления, проверяет погрешностей,
- хэндлер содержит и такие функции, которые способствуют проверке вышеуказанных параметров.

О логике хэндлера необходимо заметить следующее:

- операционная система хэндлера OS/VS1,
- хэндлер без изменений может быть использован в следующих операционных системах: OS/MFT, OS/MVT, OS/VS2,
- хэндлер в результате небольшого изменения может быть использован в операционных системах DOS, DOS/VS
- хэндлер осуществляет многопрограммный режим с точки зрения спецпроцессора для потребителей (Одновременно разные задачи могут использовать спецпроцессор)

Если программщик не желает непосредственно использовать хэндлер, то сам хэндлер „не виден“ для потребителя. Спецпроцессор выполняет все операции короткими цифрами с плавающей запятой (стандартный формат IBM R \* 4).

Подпрограммы обработки пишутся на языке фортран.

в) Разработанная в ЭЛГИ система GVPS (Geophysical Vector Processing System) представляет собой систему математического обеспечения, которая создает связь высокого уровня между потребительской программой и спецпроцессором и значительно упрощает применение его для геофизических целей.

Система строится постепенно для таких геофизических операциях,

при которых целесообразно использовать спецпроцессор. До конца 1982 года были осуществлены следующие функции:

### *Вектор—векторная сумма (ADV VH)*

Операнды системы представляют собой нормализованные массивы с пл. 3. Размер массива при настоящей конфигурации спецпроцессора составляет 8K слов.

Реализованная мат. операция заключается в следующем:

$$U(i) = A(i) + P(i) \quad i = 1, 2, 3, \dots n.$$

### *Корреляционное умножение (COR FH)*

Операнды операции представляют собой нормализованные массивы с пл. 3. Размер операционных массивов вычисляется по следующей формуле:

$$K = N + M - 1,$$

где:

$N$  — длина функции фильтра

$M$  — длина функции времени

$K$  — длина результата

Потребность в памяти =  $K + N + M = 2(N + M) - 1$

т. е.  $2(N + M) - 1$  должно быть меньше чем 8K

Реализуемая математическая функция заключается в следующем:

$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(i)A(i+j-1) \quad 1 \leq j \leq M.$$

### *Умножение типа свертки (CON VH)*

Операнды операции представляют собой нормализованные массивы с пл. 3.

Потребность в памяти:

$$2(N + M) - 1$$

где:

$N$  — длина функции фильтра

$M$  — длина функции времени

Реализованная математическая функция:

$$U(j) = \sum_{i=1}^N P(i)A(j-i+1) \quad 1 \leq j \leq M.$$



### *Скалярное деление векторами (DVSH)*

Операнды операции представляют собой один нормализованный массив с пл. 3. и одну скалярную переменную с пл. 3.

Размер массива операнда в основной конфигурации может составлять 4К слов.

Реализованная математическая функция:

$$U(i) = \frac{A(i)}{P}.$$

### *Скалярное умножение векторами (MVSH)*

Операнды операции представляют собой один нормализованный массив с пл. 3. и одну скалярную переменную с пл. 3.

Размер массива операнда — в основном конфигурации составляет 4К слов.

Реализованная математическая функция:

$$U(i) = A(i)P.$$

### *Вычитание вектора из вектора (SVVH)*

Операнды операции представляют собой нормализованные массивы с пл. 3.

Размер массивов в основной конфигурации составляет 4К слов.

Реализованная математическая функция:

$$U(i) = A(i) - P(i).$$

Необходимо заметить, что во время работы спецпроцессора

- все технические мощности процессора являются свободными для работы в других частях,
- операция WAIT работает в асинхронном режиме, т. е. даже в той части можно выполнять другую работу (напр. подготовку очередной операции), которая использует спецпроцессор,
- в результате изменения единственного параметра вместо спецпроцессора включается другая подпрограмма, выполняющая подобный алгоритм.

- 2) Способ определения параметров для программ GVPS совпадает с параметризацией программной системы СЦС—3, в результате чего программы GVPS пригодны для прямого применения в системе СЦС—3.

Значит, по изложению в п. в) потребитель путем смены единственной платы может просить СЦС—3 автоматически использовать комбинацию GVPS-спецпроцессор.

Рост эффективности обработки в случае применения спецпроцессора: Работа системы с спецпроцессором отличается в основном от работы без спецпроцессора:

- а) при использовании спецпроцессора требуется добавочная работа по обслуживанию системы (по обслуживанию спецпроцессора в качестве периферийного устройства,
- б) выполнение операций ввода/вывода приводит к небольшому росту потребности в времени,
- в) при фактической работе спецпроцессора, однако, полная система — включая процессор и ОЗУ — свободны для прогона других — даже подобных геофизических обрабатывающих-программ. Значит, рост эффективности лучше характеризуется сокращением времени процессора, чем времени занятости ЭВМ.

В следующем приводятся некоторые замеренные данные, которые считаются характерными только при учете вышесказанных:

Скорость технических средств характеризуется тем, что типическая свертка (103 точки фильтра, 2000 данных по каналу) выполняется спецпроцессором на около 73 раз быстрее, чем матобеспечением ЭВМ ЕС—1035. Отмечаем, что это включает в себя только ускорение за счет технических средств, а не учитывает ни потребности в системном времени, ни освобождение полной системы для других работ при использовании спецпроцессора. Программа фильтра FILVTX системы СЦС—3 выполняет одну фильтрацию на подобных массивах данных при использовании спецпроцессора за время занятости процессора, меньше на 26 раз, чем без использования спецпроцессора.

Это значение учитывает выполняемые не спецпроцессором операции фильтрации и деятельность по обслуживанию системы, операции ввода/вывода.

### **2.1.5 Исследования напряженного состояния пород нижнего угольного пласта месторождения Чордакут\***

Значительная часть запасов так называемых „эоценовых угольных бассейнов“ находится непосредственно под мощным слоем пресноводных известняков. На основании опыта известно, что наличие мощного пласта

---

\* Бодоки Т., Дианишка Л., Херман Л., Кёрменди А.

жестких пресноводных известняков в кровле сильно увеличивает вероятность появления сотрясений в породе в процессе разработки угля. Устранение опасности сотрясений, помимо обычного укрепления, требует такой методики добычи угля, в результате которой накопившиеся напряжения в породах можно обойти или произвести их направленное перемещение. В обоих случаях необходимы точные знания о напряжениях в породах в окрестностях фронта очистного пространства, достижение которых ранее используемыми методами было невозможно.

Разрешение проблемы стало возможным в результате открытия тесной зависимости между напряженным состоянием пород и скоростями распространения сейсмических волн. Повторными измерениями скорости распространения сейсмических волн можно обнаружить изменения в состоянии напряжения в породах. На этом принципе ЭЛГИ совместно с Разведочным отделом Мечекского Угольного предприятия разработало метод „сейсмического просвечивания“, как было упомянуто в годовом отчете за 1980 год.

Этот метод основан на многократных повторных измерениях времени распространения сейсмических волн по нескольким перекрещивающимся лучам на исследуемой площади. Как источники, так и приемники волн располагаются на краю территории, таким образом, скорости распространения волн по некоторым лучам могут рассматриваться как проекции поля распределения скоростей исследуемого участка. По ним с помощью какого-то математического метода реконструкций можно определить закон распределения скоростей. Нами использовался метод итераций ART (Algebraic Reconstruction Technique) с тем дополнением, что лучи не считались прямыми линиями, поэтому необходимое для итераций расчетное время прохождения волн определялось по кривым, соответствующим закону распределения скоростей.

На так называемых „зоценовых территориях“ сейсмическое просвечивание в целях наблюдения напряжений в породах проводилось сначала на шахтах Чордакут. Основой измерений явилась карта распределения скоростей, полученная по измерениям в подготовленном к эксплуатации блоке, сразу же после проходки горных выработок, затем по мере продвижения фронта очистной выработки систематически, через короткие промежутки времени проводились измерения скорости на расстоянии в 50 м от забоя между транспортной и вентиляционной выработками, на основании чего строились локальные карты распределения скоростей. Путем сравнения этих карт с картой распределения скоростей, полученной до начала разработки, можно было определить геологические и горнодобывающие факторы, влияющие на распределение скоростей.

Проектирование и осуществление системы измерений было произведено ЭЛГИ совместно с Горно-геологическим отделом Угольного пред-



приятия Татабанья и шахтой Чордакут. Сейсмоприемники, представляющие собой пьезокристаллы производства ГДР, были встроены нами совместно с предварительными усилителями в металлический цилиндрический корпус. Детекторы были помещены в глубокие, около 0,5 метров глубиной ямки, пробуренные в стенке выработки по середине пласта. Горизонтальное расстояние между приемниками и источниками волн составляло 4 метра. Для передачи сигнала из выработки на поверхность использовался 54-х жильный обычный шахтный телефонный провод, длиной 1800 м.

Регистрация сигналов производилась сейсмической аппаратурой ЭЛГИ типа ЭСС—01—24, применяемой в инженерно-сейсмических работах.

Возбуждение сигналов производилось ударом молотка по помещенному в породы якорю по середине пласта также с шагом в 4 метра. Одна регистрация представляла собой сумму сигналов от 16—20 ударов. В процессе производства измерений шахтные работы не прерывались, так как интервал длиной в 50 м измерялся во время перерыва между сменами.

При обработке измерений только определение времени прибытия волн осуществлялось вручную, все остальные операции, включая и составление карты, были осуществлены на ЭВМ.

Аномалии распределения скоростей на картах, полученных в результате измерений, могут быть обусловлены как геологическими, так и горнотехническими причинами. Ниже на некоторых примерах дается иллюстрация полученных результатов:

*а) Аномалии скоростей, имеющие геологические причины:*

На *рис. 67* представлено распределение скоростей участка очистного пространства. Забой расположен примерно на расстоянии в 50 метров от указанного участка. Наблюдается зависимость между распределением скоростей и микротектоникой, определенной позже в процессе разработки пласта, например, наблюдаемый в левом нижнем углу максимум скоростей относится к горсту небольшой амплитуды, минимум скоростей примерно в середине поля связан с небольшим грабенom.

*б) Аномалии скоростей, возникшие за счет проходки выработок*

На *рис. 68* и *69* изображены распределения скоростей полученные повторными измерениями, выполненными там же, где предыдущие. Из сравнения трех карт хорошо видно, что в дальней зоне забоя скорости — то-есть напряжения — возрастают в хорошем соответствии с опытом проведения горных работ, то-есть перед забоем образуется зона повышенного напряжения в породах, а непосредственно вблизи забоя напряжения падают. На карте распределения скоростей, показанной на *рис. 70*, примерно в 17 метрах от забоя имеется пик, возрастание скорости здесь по

сравнению с основным распределением составляет 30%. Это аномальное значение скорости (напряжения в породах) наблюдается в 1-м метре от разлома, типичный пример известного в горной литературе, относимого к опасным зонам сотрясения пород случая так называемого „заклинивания пласта“. На *рис. 71* показан пример аномального распределения скоростей, когда забой приближается к горной выработке. На обоих сторонах разведочной выработки, пройденной на расстоянии в 15 м от забоя, наблюдается однозначное повышение скоростей.

На *рис. 72* изображена карта результатов параллельных измерений, когда одновременно с измерениями, проведенными перед забоем, они велись и в соседнем подготовляемом очистном пространстве. Хотя на этой карте двойного распределения скоростей отражаются и прочие влияния, например, целиков, оставленных на верхних горизонтах, все-же довольно хорошо видна зона повышенных скоростей, находящаяся на одной линии с забоем и образованная за счет напряжения, связанного с отработкой, и которая на следующий за измерениями день явилась причиной сильного повреждения горной выработки.

Таким образом, как подтверждают и наши примеры, сейсмическое просвечивание является эффективным методом для выявления напряжений в породах. Выработанная система измерений имеет более широкие возможности использования, чем было показано на примерах, так как опорные измерения при подходящей технике могут использоваться для исследований тектонических условий пласта изучением распространения пластовых волн. Приемная же система, отдельные элементы которой устанавливаются постепенно по мере продвижения забоя, — в случае подходящего прибора и инструментальной обеспеченности — может использоваться для наблюдения спонтанной акустической эмиссии. В этом случае может быть осуществлено предупреждение разрушения пород.

### 2.2.1 Расчет кривых искусственных электромагнитных частотных зондирований\*

В математических задачах усовершенствования многочастотного электромагнитного метода с индуктивным возбуждением (см. годовой отчет за 1980 г., стр. 73) особенно важен расчет поля над моделью с горизонтальными границами. Теоретические аспекты решения этой задачи были выяснены нами в сотрудничестве с группой, работающей под руководством В. И. Дмитриева, в Московском университете им. Ломоносова. Имеющиеся в расчетных формулах интегралы, содержащие уравнения Бесселя, рассчитывались по методике, ранее разработанной в нашем институте и разрешающей проблему расчетов для методов постоянного тока с достаточной точностью. Она основана на использовании фильтрующих коэффициентов Касаха. Со временем (с 1979 г.) расчеты производились по опубликованным коэффициентам Андерсона и Кёфёда. Рассчитанные таким образом палетки были пригодны для анализа разрешающей способности метода. В то же время некоторые теоретические проблемы измерений с аппаратурой MAXI—PROBE EMR—16 поставили перед нами задачу проверки точности рассчитанных кривых, или повышения числа индукций в том интервале, где наши расчеты находятся в пределах ошибки.

Метод фильтраций — при замене действительного интеграла квадратурной формулой — не дает ответа о точности расчета значения интеграла. Поэтому в 1980—82 гг. был разработан метод числового расчета интеграла по программе для ЭВМ ЕС—1035, на основании которой расчет производится с заранее заданной точностью. Сравнение различных программ дало возможность определить ошибки различных методов фильтрации, то-есть выбирать метод интегрирования в зависимости от различных задач — от требуемой точности.

\* Прачер Э., Сигети Г., Сабадвари Л.



Электромагнитное поле вертикального магнитного диполя, расположенного на поверхности  $n$ -слоистой среды.

Расчетные формулы, означающие конечный пункт теоретических выводов и начальный пункт программирования, следующие:

$$E_{\varphi} = -\frac{3IS}{2\pi\sigma_1 L^5} \left\{ 1 - e^{-\frac{2\pi r}{\zeta}(1-i)} \left[ 1 + \frac{2\pi r}{\zeta}(1-i) - \frac{8\pi^2 r^2}{\zeta^2} i \right] - \right. \\ \left. - \frac{2}{3} r^2 \int_0^{\infty} \frac{\beta_1 b_1(t-\beta_1)t^2}{(t+\beta_1)+(t-\beta_1)b_1} J_1(r \cdot t) dt \right\}.$$

$$H_z = \frac{9IS}{2\pi i \omega \mu \sigma_1 L^5} \left\{ 1 - e^{-\frac{2\pi r}{\zeta}(1-i)} \left[ 1 + \frac{2\pi r}{\zeta}(1-i) - \frac{32}{9} \frac{\pi^2 r^2}{\zeta^2} i - \frac{16}{9} \frac{\pi^3 r^3}{\zeta^3} (1+i) \right] + \right. \\ \left. + \frac{2}{9} r^5 \int_0^{\infty} \frac{\beta_1 b_1(t-\beta_1)t^3}{(t+\beta_1)+(t-\beta_1)b_1} J_0(r \cdot t) dt \right\}.$$

$$H_r = \frac{IS i \omega \mu \sigma_1}{16\pi L} - \frac{IS}{2\pi h_1^3} \int_0^{\infty} \left[ \frac{(1-b_1)\beta_1 t^2}{(t+\beta_1)+(t-\beta_1)b_1} - \frac{t^2}{2} + \frac{k^2 h^2}{8} \right] J_1(tr) dt.$$

Значение входящих в формулы физических величин и их размерность:

|                       |  |
|-----------------------|--|
| $L$ [м]               | — расстояние между датчиком и приемником   |
| $\omega$ [1/с]        | — круговая частота датчика ( $\omega = 2\pi f$ )                                   |
| $I$ [А]               | — сила тока, текущего в петле датчика  |
| $S$ [м <sup>2</sup> ] | — площадь петли  |
| $\mu$ [Vs/Am]         | — магнитная проницаемость (во всей среде считаем $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am) |
| $\sigma_i$ [1/Ωм]     | — проводимость $i$ -того слоя ( $\varrho_i = 1/\sigma_i$ )                         |
| $h^i$ [м]             | — мощность $i$ -того слоя  |

Величины, производные от выше названных:

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{8\pi^2}{\omega \mu \sigma_1}} = \sqrt{\frac{10^7 \cdot \varrho_1}{f}} \quad \text{длина волны первого слоя, } (k^2 = i\omega \mu \sigma_1),$$

$$\zeta = \frac{\lambda_1}{h_1} \quad \nu = \frac{L}{h_1} \quad \gamma_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_1} \quad \nu_m = \frac{h_m}{h_1} \quad \text{нормированные величины}$$

В формуле всех трех компонент фигурируют факторы  $b_1 = b_1(t)$ , содержащие параметры слоев ( $\varrho_1, \varrho_2, \dots, \varrho_n$ ) и ( $h_1, h_2, \dots, h_{n-1}$ ) модели и определяемые следующим уравнением:

$$b_m = \frac{(\beta_m - \beta_{m+1}) + (\beta_m + \beta_{m+1}) \cdot b_{m+1}}{(\beta_m + \beta_{m+1}) + (\beta_m - \beta_{m+1}) \cdot b_{m+1}} \cdot e^{-2\beta_m \nu_m},$$

$$b_n = 0 \quad m = n-1, n-2, \dots, 1$$

где:

$$\beta_i = \sqrt{t^2 - i \frac{8\pi^2 \gamma_m}{\xi^2}} = \sqrt{t^2 - i \frac{8\pi^2}{10^7} \cdot f \cdot \sigma \cdot h_1^2},$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

В выше указанных формулах первый член компонент  $E_q$  — и  $H_z$  описывает изотропное полупространство, а  $H_r$  первого члена не имеет самостоятельного физического смысла, он происходит из интегрирования внутреннего уравнения по асимптоте больших  $t$ . При выполнении задачи по этим формулам на ЭВМ проблему представляют расчеты значений интегралов. С одной стороны имеются теоретические трудности, что вместо пределов от 0 до  $\infty$  мы имеем интервал интегрирования с пределами от 0 до  $N$ , поэтому необходимо найти эффективный способ оценки остаточного члена быстро колеблющегося интеграла. С другой стороны практическая трудность заключается в том, что расчет полученного путем рекурсии параметра  $b_1$ , содержащего комплексные числа, требует много машинного времени, которое пропорционально растет с ростом количества слоев. Первая проблема разрешена оценкой рядов типа Лейбница для больших  $N$ , где внутренняя функция монотонно убывает до 0 и приближается к асимптотической форме уравнений Бесселя, вторая проблема решена путем использования комбинации формул интегрирования Симсона и Филона. Преимущество последних в том, что в случае больших  $r$  аналитически принимается во внимание осциляция уравнений Бесселя, изменяющихся быстрее, чем внутренние уравнения.

Таблица № III содержит сравнительные данные кривых  $H_z/H_r$ , полученных для выше указанной модели различными методами, фильтрацией и численными расчетами. Относительная ошибка результатов цифровых расчетов  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-4}$ , что на порядок ниже относительных расхождений между разными столбцами и, таким образом, пригодна для оценки их ошибки. Среди методов фильтрации в более широком интервале числа индукций наиболее важен метод Андерсона, то-есть при решении таких задач, где число индукций изменяется в нешироких пределах (например проектирование параметров измерений), кривые были получены этим методом. В других случаях, где и на высоких частотах необходимы точные данные (например, определение минимальной глубины информации), применяется цифровой метод, который в 3 раза медленнее и более дорогостоящий.

На рис. 73 показана палетка кривых для двух слоев, где параметром кривых является сопротивление второго хорошо проводящего слоя. Кривые рассчитаны фильтрацией, а на высоких частотах проверены численно. Ошибка была меньше точности графического изображения.

| Частота | Фильтрация<br>Кёфёда | Фильтрация<br>Касая | Фильтрация<br>Андерсона | Цифровой<br>расчет Сигети |
|---------|----------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| 707     | 1,548                | 1,540               | 1,553                   | 1,541                     |
| 1 000   | 1,403                | 1,380               | 1,390                   | 1,379                     |
| 1 414   | 1,301                | 1,268               | 1,277                   | 1,271                     |
| 2 000   | 1,219                | 1,189               | 1,196                   | 1,192                     |
| 2 828   | 1,130                | 1,115               | 1,123                   | 1,115                     |
| 4 000   | 1,022                | 1,017               | 1,036                   | 1,029                     |
| 5 650   | 0,903                | 0,919               | 0,931                   | 0,927                     |
| 8 000   | 0,786                | 0,815               | 0,819                   | 0,818                     |
| 11 300  | 0,679                | 0,707               | 0,704                   | 0,703                     |
| 16 000  | 0,583                | 0,586               | 0,586                   | 0,587                     |
| 22 627  | 0,506                | 0,454               | 0,462                   | 0,464                     |
| 32 000  | 0,518                | 0,321               | 0,326                   | 0,331                     |
| a.      | 56%                  | 3%                  | 1,5%                    | —                         |
| b.      | 53                   | 31                  | 283                     | —                         |
| c.      | 53                   | 31                  | 37—69                   | 64—300                    |

Таблица III. Сравнение кривых  $H_z/H_r$ , рассчитанных различными методами фильтрации и численно. Исходные параметры для расчетов приводятся на стр. 120

a — максимальная ошибка (при  $f=3200$  гц); b — число всех коэффициентов в подходящем методе фильтрации; c — количество проб внутренних уравнений (с целью характеристики соотношений машинного времени)

## 2.2.2 Геофизические исследования в археологии\*

Для повышения эффективности археологических исследований во многих странах мира, а также и у нас, во все более широких размерах используются геофизические методы. После успешных опытных работ предшествующих лет (проведенных, например, кафедрой геофизики Института тяжелой промышленности (ИТП) в районе Тайя, ЭЛГИ — в районе Шюмег Модьорошдомб, их результаты опубликованы в годовом отчете ЭЛГИ 1979 года, и т. д.) в 1982 году Центральное Геологическое Управление и Археологический Комитет Венгерской Академии Наук организовали сотрудничество в целях использования геофизических методов при отечественных археологических исследованиях. Для этого ЭЛГИ держит связь со многими археологическими организациями, в том числе с Комитетом по раскопкам ВАН (Др. Иштван Фодор), археологическими институтом ВАН (Др. Нандор Калиц), с Венгерским Национальным музеем (Др. Йожеф Корек, Др. Эндре Тот), с музеем в Гёчей (Др. Ласло

\* Чато Б., Чокаш Й., (ИТП), Паттантюш М., Шимон А.



Вандор). На совместно выбранных территориях были выполнены измерения такими методами, используемыми для поисков и разведки полезных ископаемых, которые могут быть результативными при археологических работах. В 1982 году опытные работы были выполнены на площадях различной трудности с точки зрения геофизического разреза для разработки эффективной методики археологических исследований, целесообразно совмещающих геофизические измерения и раскопки.

На территории *Капошпула—Алиохотень* задачей исследований являлось выявление крепостной стены римского времени, построенной из известняка и скрытой рыхлыми отложениями мощностью в 0,7—1 м. Стена на несколько метров продолжается вниз. Стена и рыхлые отложения значительно отличаются по удельному электрическому сопротивлению, в результате чего стало возможным определение ее местоположения методами электрического профилирования (рис. 74). По кускам стены — с использованием знаний по строительству крепостных стен римского времени — была сделана реконструкция ее расположения. Результаты электрического профилирования дали настолько однозначное решение вопроса, что, по мнению археологов, проверка раскопками везде излишня.

На окраине *Асода* измерения проводились для обнаружения кольцеобразного крепостного рва, скрытого рыхлыми отложениями мощностью в 0,5—1 м, шириной в несколько метров и диаметром 60—80 метров. Разница в сопротивлениях глинисто-песчаных рыхлых отложений и материала, заполняющего ров, составляла всего 10—30%. Однако, благодаря большим размерам, оказалось возможным выявление объекта с достаточной точностью методами сопротивления. Археологический институт проектирует ориентированные раскопки после проведения дальнейших измерений в 1983 году.

Самой трудной задачей работ 1982 года оказалось выявление землянок, могил, рвов, скрытых наносами мощностью 0,7—1,5 метров, так как по сопротивлениям они отличаются также на 10—30%, но горизонтальные размеры этих объектов не превышают нескольких метров. Измерения с такой целью были проведены ЭЛГИ в районе населенных пунктов *Балатонмадярод—Хидвегпуста, Асод*, а кафедрой геофизики ИТП — в районе с. *Тисалуц*. В обнаружении некоторых землянок помогла намагниченность остатков печей, обожженных кусков глины очагов. В процессе исследований было проведено электрическое профилирование по густой сети, в некоторых местах ставилась магниторазведка. Графическое изображение профилей и карт осуществлено на ЭВМ HP 9845 S с помощью программной системы СУРР (см. пункт 2.2.3). На картах имеются такие аномалии, которые по размерам, характеру и их частоте могут быть обусловлены искомыми археологическими объектами. Результативность

измерений можно реально оценить после раскопок, планируемых на 1983 год.

Для выяснения возможностей применения радиочастотного метода и разработки модификации прибора для археологических целей ЭЛГИ и ИТП (НМЕ) в 1982 году были выполнены предварительные теоретические исследования и проектирование прибора. Положительные результаты опытных полевых работ подтверждают необходимость проведения дальнейших разработок в этой области.

### **2.2.3 Интерактивное использование ЭВМ в геолого-геофизических работах (СУРР)\***

При современных геолого-геофизических исследованиях накапливается большое количество данных по территории работ. Обработку массы данных, поставление быстрой и точной информации заказчику нельзя представить без использования ЭВМ.

В ЭЛГИ разработана система управления разведочными работами на ЭВМ (СУРР), краткое изложение которой было опубликовано в годовом отчете за 1979 год (стр. 58). Ниже эта система представлена более подробно, вместе с внесенными в нее изменениями. Система основана на ЭВМ типа HP 9845 S, представляющую собой компьютер большой разрешающей способности. В комплект ЭВМ входят центральная память емкостью в 64 килобайта, блок хранения данных на магнитной ленте и на магнитном диске (floppy disc), чертежное устройство (плоттер) и цифровой преобразователь. Все эти блоки могут быть помещены в полевой вездеход, таким образом полевой вычислительный центр становится мобильным и может функционировать на месте исследований. В необходимых случаях может быть налажена дистанционная связь с вычислительным центром ЭЛГИ на базе ЭВМ ЕС—1035.

Основой системы программ является система обращения с данными, в задачу которой входят прием, исправление, хранение и поиск данных. Источниками данных являются:

- скважины (геологические данные и параметры, касающиеся продуктивных пластов),
- поверхностное геологическое картирование (например, выходы пород),
- геофизические профили,
- интерпретируемые точечные геофизические измерения.

---

\* Хорнунг П., Келемен З., Тот Ч., Сабадвари Л.



Ввод данных осуществляется на клавиатуре ЭВМ, но имеется возможность цифрового преобразования карт, топографических, геологических данных. Во время цифрового преобразования координаты выбранных точек и линий автоматически вводятся в машину. Данные могут быть текстовыми (например, название геологических слоев в скважине) или числовые (например, глубина слоев в скважине).

Основной особенностью микро-ЭВМ является ее интерактивность. Во время прогонки программы между оператором и ЭВМ осуществляется диалог. Это обеспечивает быстрое и оперативное обращение с данными. Банк данных имеет кодовую систему, например, для скважины имеется свой рекорд и код, на основании которых легко достигаемы относящиеся к ней данные. Структура банка данных различна в зависимости от исследуемой территории и характера данных и легко меняется. Хранимые данные могут быть точечными, профильными и площадными.

Основные данные по скважинам могут быть отпечатаны для каждой скважины отдельно в виде листа, формат которого может меняться в зависимости от структуры системы данных. Блок-схема листа представляется на дисплей, затем с помощью печатного устройства изготавливается оттиск. Для иллюстрации показана серия листов одной из скважин участка Маза—Юг. На первом рисунке (*рис. 75*) изображена таблица продуктивных пластов, обобщенных по эксплуатационным горизонтам, и геологический разрез. На втором листе показана инклинация скважины в проекции сверху и сбоку (*рис. 76*). 3-й и 4-й листы (*рис. 77—78*) дают положение угольных пластов и в табличной форме обобщают наиболее важные данные по качеству угля (калорийность, зольность, коксуетость и т. д.).

Графическое представление данных по скважинам служит каркасом для построения геологических разрезов, на нем обозначены геологические границы с указанием их глубин. На этом каркасе специалисты геологи и геофизики могут построить осмысленный геологический разрез. Если искривление скважины значительно, принимаются во внимание геометрические поправки на положение границ в скважине. По желанию, в программе предусмотрено построение геологических границ между скважинами способом математического подбора кривых.

Наиболее выразительно объемное графическое представление карт изолиний по трем координатам. Для точного изображения необходима система площадных данных по правильной сети. Имеющееся на территории обычно неправильное распределение неодинаковых по качеству данных необходимо преобразовать в правильную сеть. Это преобразование осуществляется интерполяцией, то-есть подбором поверхности, опирающейся на скважины. Этим способом можно добиться большой точности совпадения построенной по такой сети карты с отправными дан-



ными, близости рисунка изолиний к ожидаемому и реальной картины в пространстве между данными. Естественно, на этой карте отображена только та информация, которая содержится в листах данных.

На картах, построенных от руки, имеются тектонические нарушения, нанесенные на карту на основании геологических соображений. Тектонические нарушения, неощущаемые непосредственно по буровым данным, на карте, построенной ЭВМ, автоматически не рисуются. Наличие тектонических нарушений необходимо ввести в ЭВМ как численную информацию (например, цифровым преобразованием профилей). На рис. 12 показана карта, построенная с ЭВМ (в пункте 1.1.2), которая отображает рельеф поверхности триасового основания в южной части гор Герече, в районе бокситового рудопроявления Чордакут. На карте обозначены скважины, но имеется возможность изображения какой бы то ни было другой информации (план работ, контуры выходов пород, линии геофизических профилей и т. д.).

Объемное аксонометрическое изображение основывается также на правильной сети, как и способ изображения изолиний. Имеется возможность раскраски аксонометрической карты по значениям высот точек поверхности или по другим, заданным в той же координатной системе параметрам. На рис. 13 пункта 1.1.2 представлено аксонометрическое изображение выше указанной карты. На одном рисунке поверхность окрашена по глубине основания, на другом красным цветом выделены бокситовые залежи.

Объемное изображение дает лучший обзор материала и помогает в выборе решений по дальнейшим исследованиям. Кроме аксонометрического изображение может быть и перспективным, точка обзора может быть выбрана свободно. Таким образом могут быть построены стереографические пары, которые под стереоскопом дадут объемное изображение.

В процессе использования системы оказалось, что размеры плоттера HP, имеющие формат А/3, часто не достаточны. Поэтому нами была разработана система построения карт (СПК) на базе плоттера VERSATEC будапештского вычислительного центра с ЭВМ ЕС—1035. Вводимые данные поступают с микро-ЭВМ, где произведена их интерполяция на правильную сеть. Так как передача данных между двумя вычислительными центрами довольно неоперативна, то этим методом следует пользоваться при изготовлении отчетов—документаций. Так была сделана серия высокоточных крупномасштабных карт завершающего отчета по предварительной разведке территории Мань—Восточный Жамбек, одна из них в уменьшенном масштабе представлена на рис. 79 (мощность эоценовых обломочных пород, карта раскрашена вручную).

На одном примере показывается, как помогает СУРР применению различных геофизических методов при комплексных геологических исследо-

ваниях. На *рис. 80* видны три горизонта, построенные на основании двух опорных скважин. В скважине Cs—316 под пластом углей (СЕ) были бокситы (ВхА). Для изучения распространения бокситов на стадии детальной разведки были поставлены частотные электромагнитные зондирования МЧЗ по профилям. Их результат виден на *рис. 80/б* где различными цветами обозначены слои различного сопротивления. На их основании предполагалось наличие бокситов между двумя скважинами. Позже заложенная промежуточная скважина действительно подсекла бокситы, тем самым уточнив их распространение (*рис 80/с*).

Отдельные элементы системы дают полезные результаты для проектирования и проведения горных работ. Так на *рис. 75—78* показаны листы данных по участку Маза, конструкция которых выполнена соответственно требованиям, связанным с проектированием горных выработок (то есть на выполненном до этого подсчете запасов). Подобным образом к фазе проектирования горных работ подключилась разведка 5-й бокситовой залежи на территории Ихаркут. Бокситы размещаются в карстовых воронках вдоль тектонической линии. Аксонометрическое изображение бокситовой линзы показано на *фиг. 81/а*, а ее сечение — на *фиг. 81/в*. Система данных позволяет дать изображение и запасов бокситов (*фиг. 81/с*).

В последние годы система СУРР при активном участии геологов, геофизиков и горняков использовалась в разведке твердых полезных ископаемых на следующих основных территориях:

- „Эоценовая Программа“ (Мань—В — Жамбек) по заказу ГЕОМИНКО и Проектной Конторы Дорогского Угольного предприятия;
- Разведка бокситов в Баконьослоп, по заказу Бокситового Разведочного Предприятия;
- „Лейасовая Программа“ (Маза—Варалья—Юг) по заказу Главного Геологического Управления;
- Разведка бурых углей в Дубичань, по заказу ЦГУ (КФН) и Службы Информации Угольного Треста;
- Геофизические исследования в районе Баден—Бюртемберг, по заказу фирмы Brigitte und Elwerath ФРГ;
- Разведка бокситов района Чордакут, по заказу Угольного Предприятия Татабанья.



## 2.2.4 Аппаратура ДИАПИР нового типа\*

Вслед за приборами, представленными в годовом отчете за 1981 год (Д—10)Р и ДИАПИР—ДП, окончательное их название Д—10р и ДИАПИР—18), был создан новый вариант прибора (ДИАПИР—18А, в котором с выключением первичного сигнала включается измерение ВП); таким образом, с этими приборами, а также с генераторами различной мощности родилась серия такой аппаратуры, с помощью которой возможно экономичное решение различных геологических задач. На *рис. 82 и 83* показаны наиболее важные члены этой серии. Ниже представлены несколько результатов продолжительного полевого использования аппаратуры.

Эффективность используемых в новых приборах способов исправления отношения сигнал/шум (продолжительное интегрирование, взвешенное суммирование) определялось проведением сравнительных измерений. Для сравнения были использованы значения кажущихся удельных сопротивлений, полученные на единичных точках с аппаратурой ДИАПИР—Е. Путем осреднения по отдельности этих значений, а также полученных с аппаратурой ДИАПИР—18 средневзвешенных интегральных средних получены правильные значения удельного сопротивления. На диаграмме распределения ошибок показаны частоты отклонения от этих величин (*рис. 84*). Принимая во внимание различные значения силы тока, используемого при измерениях с двумя приборами, и распределение ошибок, можно сказать, что используемые способы дают 20-кратное улучшение отношения сигнал/шум.

Сравнительные измерения похожего характера были выполнены и для параметров ВП, между прочим, в Болгарии при демонстрации и сбивки аппаратуры. На участке профиля, показанного на *рис. 85*, изображена кривая, полученная прибором, не исправляющим отношение сигнал/шум, причем сила тока при измерениях была  $> 20$  А, а отклонение значений сопротивления и ВП, измеренных с аппаратурой ДИАПИР—18, составляло 1 %, при этом сила тока равнялась 0,1 А. Динамическая поляризуемость ( $\tilde{P}_t$ ) на пике аномалии была измерена в широком интервале времени, причем с генератором в 200 Вт, затем с источником питания большой мощности, управляемом ДИАПИР—18, для подтверждения многосторонности аппаратуры. Между значениями  $\tilde{P}_t$  двух измерений, несмотря на почти 20-кратную разницу в значениях силы тока, наблюдалось отклонение всего в 0,1 %.

\* Эркель А., Шимон П.



### 2.3.1 Разработка методики ядерных измерений\*

*Решение четырехгрупповых уравнений нейтронной диффузии для угольных месторождений типического развития*

В 1982 году в сотрудничестве с Кафедрой геофизики Будапештского университета были рассчитаны семейства теоретических кривых, выражающих зависимость потока нейтронов от зольности, при использовании четырехгрупповых уравнений нейтронной диффузии для черного угля района Печ, бурого угля района Орослань и лигнитов района Вишонта.

Для проведения теоретических расчетов на основании данных Угольного кадастра (1980) были составлены модели угля, состав и плотность которых приводятся в таблице IV. Три основные составляющие угольных моделей представлены чистым углем (C), золой (h) и влажностью (n). Для расчета потока нейтронов необходимо было точно знать химический состав вышеуказанных трех составляющих. Оказалось целесообразным считать состав золы фиксированным, таким образом число меняющихся параметров угольных моделей сокращалось и расчеты становились более простыми. Фиксирование состава золы является допустимым и потому, что встречаемые в золе элементы (Si, Al, Fe, Ca и Mg и т. п.) показывают подобные свойства в их взаимоотношении с нейтронами.

Содержание угля в изучаемом материале было принято на основании известного содержания угля в угольных моделях. Основными составляющими являются атомы C, H и O. Среди остальных элементов количество N может пренебрегаться, а S входит в состав золы.

На рис. 86 и 87 приведены семейства теоретических кривых для черного угля района Печ и бурого угля района Орослань (параметром является диаметр скважины).

\* Андраши Л., Барат И., Дорко Р.

| Месторождение    | Состав угля, %                    |  |                                     | Плотность<br>10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>        |                                  |      |
|------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|---|----------------------------------|------|
|                  | С                                 | Н  | О                                   |   |                                  |      |
| Печ              | 87                                | 6  | 7                                   | 1,35  |                                  |      |
| Орослань         | 76                                | 6  | 18                                  | 1,33  |                                  |      |
| Вишонта          | 65                                | 6  | 29                                  | 1,25  |                                  |      |
| Состав<br>зола % | SiO <sub>2</sub><br>кварц<br>24,7 | Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub><br>каолинит<br>52,4 | CaCO <sub>3</sub><br>кальцит<br>8,9 | CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub><br>доломит<br>8,9 | FeS <sub>2</sub><br>пирит<br>5,1 | 2,74 |

|          | Содержание<br>углерода<br>(C) % | Содержание<br>зола<br>(h) % | Влажность<br>(n) % |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Печ      | 96,7—1,0415h                    | 0 < h < 60                  | 3,3+0,0415h        |
| Орослань | 80,7—0,9074h                    | 0 < h < 60                  | 19,3—0,0926h       |
| Вишонта  | 48,3—0,6830h                    | 0 < h < 60                  | 51,7—0,3170h       |

Таблица IV. Состав и качественные параметры нескольких угольных месторождений ВНР, использованные при теоретических расчетах

#### Методические работы с угольным зондом

В течение года был изготовлен однодетекторный вариант угольного зонда типа KRGGS—2—80—60 sMY. Было проведено испытание каверномерной части зонда и градуирование ее в эталонных рядах диаметрами 150 мм и 240 мм по плотности с учетом эффекта глинистой корки. Значение двухточечного полевого градуировочного эталона было заключено в поправочную диаграмму.

#### Энергоселективное измерение естественного гамма-излучения в скважинных условиях

Было изучено влияние скважины на число импульсов, полученное в отдельных окнах энергии. Были применены следующие окна:

|             |               |
|-------------|---------------|
| окно 1 (K)  | 1,34—1,57 МэВ |
| окно 2 (U)  | 1,60—2,03 МэВ |
| окно 3      | 1,34—2,95 МэВ |
| окно 4 (Th) | 2,35—2,39 МэВ |

Для соответствующих окон энергии были определены поправочные зависимости, на основании которых можно учитывать влияние диаметра

скважины и пройденных скважинной горных пород. В процессе наших исследований пройденная скважиной порода рассматривалась как цилиндр бесконечного по горизонтали размера и распределение источника радиоактивного излучения предполагалось равномерным. Ось цилиндра совпадает с осью скважины. При наших расчетах была использована следующая известная по международной литературе зависимость:

$$I = 2I_0 \int_{\varrho=0}^{2\pi} \int_{r=R}^{\infty} \int_{z=0}^{z/2} e^{-\mu \rho \sqrt{r^2 + z^2}} r \, d\varrho \, dr \, dz,$$

где:

$I$  — интенсивность радиоактивного излучения,

$I_0$  — интенсивность радиоактивного излучения в заданной точке цилиндра,

$R$  — радиус скважины,

$z$  — мощность пласта,

$\rho$  — плотность,

$\mu$  — коэффициент массового поглощения, учитываемые в различных окнах энергии значения которого являются следующими:

|        |                            |
|--------|----------------------------|
| окно 1 | 0,50 см <sup>2</sup> /г,   |
| окно 2 | 0,36 см <sup>2</sup> /г,   |
| окно 3 | 0,0447 см <sup>2</sup> /г, |
| окно 4 | 0,039 см <sup>2</sup> /г.  |

Наши исследования были проведены на модельном участке ЭЛГИ. Объемный вес пластов составляет в среднем 1,60 г/см<sup>3</sup>. Со знанием данных модели были вычислены поправочные факторы для диаметра скважины и плотности пород и полученные значения были построены в виде диаграмм. На *рис. 88* приведена диаграмма поправок за диаметр для спектрального измерения ГК. Параметром семейства кривых является значение  $\mu R$ . Таким образом, со знанием величин  $2R$  и  $\mu R$  можно отсчитать поправочный фактор диаметра  $C_d$  с вертикальной оси. Со знанием определенного методом ГГК плотности породы также можно определить поправочный фактор плотности  $C_\rho$  для соответствующих окон энергии. После этого применяемый поправочный фактор умножения  $C$  определяется следующим образом

$$C = \frac{C_\rho}{C_d}. \quad (2)$$

При помощи имеющейся в нашем распоряжении измерительной установки, состоящей из наземной панели типа KRF—4—12An и энергоселективного зонда типа KRGE—1—120—60s было произведено спектральное измерение ГК в некоторых скважинах, бурящихся на бокситы. На основании зарегистрированных в этих скважинных диаграмм, в кото-



рые были внесены поправки при помощи поправочного фактора  $C$ , с применением метода снятия спектра был проведен расчет содержания калия, урана и тория в пройденных скважиной породах. В качестве примера на *рис. 89* приводится обработанный материал бокситовой скважины № GF—2/3. Полученные таким образом содержания радиоактивных веществ показывают хорошее совпадение с данными анализа кернов. По опубликованным фирмой Дрессер-Атлас Инк. (США) в 1979 г. литературным данным была изучена нами связь между содержанием тория и содержанием алюминия, а также кремния в бокситах. Предметом изучения были полученное на основании спектрального измерения естественного гамма-излучения содержание тория и значение  $P$ , вычисленное по анализу кернов.

$$P = \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + SiO_2}.$$

Результат исследования показан на *рис. 90*. Между вышеуказанными величинами в диапазоне  $0,4 \leq P \leq 0,95$  наблюдается линейная зависимость. Значение поправочного фактора составляет  $r = -0,9025$ .

### 2.3.2 Интерпретация на ЭВМ\*

Для ЭВМ типа HP 9825A была составлена автоматическая программная система COAL—1 с целью обработки полученных в угольных скважинах каротажных диаграмм. Процесс обработки состоит из следующих фаз:

#### а) Загрузка данных в память для хранения керновых параметров

Важнейшие лабораторные параметры кернов от пробуренных в районе разведки скважин (место взятия образца, зольность, калорийность, влажность, содержание углерода, плотность, летучие вещества и т. п.) вводятся с клавиатуры и хранятся на магнитных дисках для программы ввода. При помощи самостоятельной программы в этой фазе производится составление характерных для района зависимостей между вышеуказанными данными.

#### б) Подготовка обрабатываемых диаграмм

Подготовка включает в себя преобразование аналоговых диаграмм в цифровой код, графическую проверку их, с одной стороны, и ввод аналоговых и цифровых записей (последние с кассеты) в память для хранения данных. В этой фазе проводится ввод характеризующих скважину постоянных и остальных параметров в ЭВМ.

\* Барат И., Бихари А., Месарош Ф., Салаи М., Сегеды С.

#### в) Обработка

Хранимые в последовательных файлах на кассете обрабатывающие программы при помощи обслуживающей программы памяти осуществляют обмен информацией непосредственно с памятью на магнитных дисках.

Для характеристики глинистости пройденной толщи программная система вычисляет по СП и диаграммам ГК индикаторные диаграммы глины в виде редуccionного фактора  $\alpha$  и относительного гамма-излучения. Программа определяет необходимую для определения качественных показателей угля плотность по диаграмме ГГК, а пористость — по ННК с учетом величины диаметры скважины в качестве фактора искажения. Расчет качественных параметров угля производится при помощи определенных в фазе а) зависимостей. Для литологического расчленения пройденного разреза система содержит программу, основанную на статистическом принципе. Эта программа определяет результирующую вероятность для встречаемых в районе типов слоев с учетом их характерных физических параметров, вероятности их наличия и разброса каротажных индикаций. Распределение типических слоев, относимых к максимальному значению вероятности, позволяет проведение классического литологического расчленения. В соответствии с современными требованиями — особенно в случае неоднородных формаций пород — имеется также возможность определить процентное распределение отдельных составляющих пород для отдельных глубинных точек (напр. глина — 80%, песок — 20%).

#### г) Представление данных

В процессе обработки результаты получаются в виде диаграмм и таблиц. В качестве примера на *рис. 91* приводятся важнейшие результирующие диаграммы (относительного гамма-излучения, плотности, нейтронной пористости, зольности, калорийности, содержания углерода), полученные при обработке данных скважины NHAZA—123. В *таблице V* приведены параметры угленосных слоев в указанной скважине в табличной форме.

Вышеизложенная обрабатывающая система является автоматической, т. е. после завершения прогона отдельных программ вызывается очередная программа. В то же время предусмотрена возможность останова вычислительного процесса, вызова частных результатов или модификации параметра в ходе обработки.



### 2.3.3 Полевые методические исследования

#### *Рентгенорадиометрические работы\**

В качестве заключительной фазы рентгенорадиометрических работ на Cu и Fe, проводимых уже за несколько лет, были проведены исследования с целью улучшения точности достигнутых результатов.

В процессе рентгенорадиометрических работ нам приходилось решить измерение весьма низких (6—18 КэВ) энергий. В связи с низкими энергиями поглощение оказывает чрезвычайно большое влияние на результаты измерения. Градуировочная кривая содержания руды из-за поглощения уже при низком содержании руды (ок. 2%) значительно отклоняется от прямой и становится все более плоской, т. е. число импульсов не растет пропорционально с увеличением содержания руды (рис. 92).

Исследования были направлены на обеспечение возможности внесения поправки за поглощения в рудосодержащей породе при помощи упругого рассеяния. По поправленной величине рентгенорадиометрического излучения можно задать содержание руды в горных породах с высокой точностью.

Относительно поглощения и здесь имеет силу отношение

$$I = I_0 e^{-\mu d},$$

где:

$I$  — интенсивность, убывающая под влиянием поглощения,

$I_0$  — оригинальная интенсивность,

$\mu$  — коэффициент массового поглощения,

$d$  — мощность вещества.

Чем больше плотность породы, тем выше поглощение и — пропорционально ему — коэффициент массового поглощения. Внесение поправки за поглощение становится возможным в результате изучения упругого рассеяния фотонов от возбуждающего источника в породе. Фотоны источника возбуждающего источника (в нашем случае  $\text{Pu}^{238}$  с энергией 12—18 КэВ) проникая в породу, возбуждают атомы меди и, конечно, рассеиваются в породе. В процессе рассеивания фотоны — по пропорции, зависящей от плотности породы — возвращаются в детектор, где они подсчитываются. Значит, путем измерения рассеянного излучения можно получить численное значение об относительной плотности породы, т. е. величине поглощения.

Очевидно, что если порода содержит руду, то плотность ее (среднее атомное число) увеличивается. При этом поглощение в нем также растет,

---

\* Караш Дь., Суньог Ф.



так что меньше фотонов возвращается в детектор. Здесь можно образовать отношение чисел импульсов от пустой и рудосодержащей пород. При наличии меди вследствие возбуждения также появляется характеристическое излучение 8 КэВ. Из-за поглощения меньше фотонов достигает детектора, чем было образовано в результате возбуждения, а именно тем меньше, чем выше плотность рудосодержащей породы по сравнению с пустой. Значит, если на вышеуказанное отношение умножить число импульсов от меди, можно получить значение для меди без поглощения.

При помощи такой процедуры можно выпрямить градуировочную кривую, которая раньше отклонялась, и повысить точность интерпретации. Измерения были произведены с эталонами Си в спектральном режиме на 2 каналах. Один из каналов измерял диапазон энергий от 7,5 до 9 КэВ, а другой — от 12 до 18 КэВ. Результаты измерения подтвердили возможность исправления погрешности, вызванной поглощением (см. рис. 7).

После градуирования шахтного прибора дальнейшие исследования были проведены в 5 скважинах, заложенных на глубоком горизонте шахты Речк. Две из этих пяти скважин прошли рудную зону с содержанием железа. В этих скважинах была использована методика поправки. (Рис. 93).

Введением вышеизложенного метода внесения поправок методика рентгенорадиометрического исследования на Си и Fe считается разработанной. Рентгенорадиометрический метод может быть применен и для разведки других элементов (Zn, Sb, Pb) но, конечно, с различными характеристическими параметрами.

### *Измерения магнитной восприимчивости\**

Начатые в предыдущие годы регулярные работы по измерению магнитной восприимчивости продолжались в 1982 г. Для измерения в наземных скважинах использовались зонды типа GM—250 (с диапазоном измерения  $10^{-6}$ — $10^{-1}$  в системе SI), а в шахтных скважинах — зонды типа GM—232 (с диапазоном измерения  $10^{-5}$ — $10^0$  в системе SI) чехословацкого выпуска.

Цель работ заключалась в сборе данных по территории страны, а также в разработке методики геолого—геофизической интерпретации. Большинство измеренных материалов было получено в песочно-глинистых осадочных районах, а также рудных и угольных формациях. С методической точки зрения самые значительные результаты были получены на рудном мецторождении речк, в угленосной толще лиаса в районе Печ и в осадочных районах (на конусной осыпи р. Марош, на террасе р. Раба).

\* Караш Дь., Зилахи-Шебеш Л. мл.

Значение результатов в районе Речк заключается в том, что в пределах данного сочетания минералов самой высокой восприимчивостью обладают магнетит и пирротин, благодаря чему соответствующие участки могут быть однозначно выделены.

В Печском угленосном районе очень высокой намагничиваемостью отличаются трахи-долеритовые жилы неокомского возраста, пересекающие лиасовые угольные пласты, что обеспечивает возможность однозначно расчленить коксованную толщу (рис. 94). В результате исследований в шахтных скважинах можно выделить породные участки залежи. Это дает возможность идентификации пластов.

В осадочных районах на основании содержания тяжелых минералов (в основном магнетита) в песках можно сделать вывод о площадях сноса, или на основании характерных горизонтов — о фациальных условиях.

В качестве сводки данных от проведенных до сих пор измерений рис. 95 показывает характерные значения восприимчивости по типам горных пород. По кривым распределения можно также отсчитать наиболее частые значения.

#### *Измерения вызванной поляризации\**

Работы по измерению вызванной поляризации были проведены в трех областях.

1. Измеренные в скважинах кривые затухания были зарегистрированы в цифровом виде на магнитную ленту при помощи разработанной в ЭЛГИ каротажной станции типа К—3000. Шаг квантования составлял 10 мс, время возбуждения и затухания — 2,5 с. Интерпретация велась на калькуляторе типа НР 9825 по следующим соображениям. При идеальных условиях кривая затухания  $U(t)$  описывается следующей формулой:

$$U(t) = \sum_{i=0}^N U_i \exp - \frac{t}{\tau_i} + c,$$

где:

$U_i$  — амплитуда  $i$ -ой составляющей,

$\tau_i$  — постоянная времени,

$N$  — количество экспонентов,

$c$  — постоянная, слагаемая СП и остаточным потенциалом.

Искажающий эффект постоянной был снижен в процессе работы в конце каждого периода измерения путем автоматической компенсации СП. При определении экспоненциальных составляющих мы

\* Данкхази Дь.



отошли от примененных раньше методов (напр. Годовой отчет ЭЛГИ за 1976 г.), так как поляризация пород вызвана диполями, дипольные моменты которых показывают большой разброс. Таким образом, в вышеприведенной формуле количество экспонентов ( $N$ ) могло бы сильно увеличиться, в связи с чем формула стала бы необозримой. Предполагается, что дипольные моменты группируются около заданной величины, поэтому считается целесообразным пользоваться методом вычисления вероятности.

С интервалами  $\Delta t_i$  любой ширины выбранного участка кривой затухания (которые отчасти могут перекрывать друг друга) были сопряжены (методом наименьших квадратов) по одной амплитуде ( $A$ ) и постоянной времени ( $\tau$ ). Совокупность амплитуд и постоянных времени определяет функции распределения, которые обозначаются через  $F(A)$  и  $F(\tau)$ . Со значением функций распределения  $F(A)$  и  $F(\tau)$  можно вычислить вероятность наличия амплитуд и постоянных времени для целесообразно (в зависимости от разброса) выбранного интервала  $\Delta A$  и  $\Delta \tau$ . Для  $K$ -го интервала такие вероятности описываются следующим образом:

$$P_A[A_K \leq A < (A_K + \Delta A)] = F(A_{K+1}) - F(A_K),$$

$$P_\tau[\tau_K \leq \tau < (\tau_K + \Delta \tau)] = F(\tau_{K+1}) - F(\tau_K).$$

На *рис. 96/a* приведены спектральные линии  $p(\tau)$  вероятности кривой затухания, замеренной в слое глинистого песка в скважине ок. с. Кевермеш. Отдельные спектральные линии были сопряжены со средним значением интервала времени  $\Delta \tau$ , начинающегося в момент  $\tau_K$ . Пунктиром показаны средние величины амплитуд. Предполагалось, что составляющая с большей постоянной времени перекрывает составляющие с меньшими постоянными времени, в связи с чем значение экспоненциальной функции, генерированной при наиболее вероятной постоянной времени и амплитуде были вычислены из замеренной величины на каждой точке квантования. Полученные таким образом кривые затухания были повторно анализированы, в результате чего были получены хорошо определенные спектральные линии (*рис. 96/b*).

Подобному анализу было подвергнуто примерно 100 кривых затухания до сих пор, на основании чего можно сделать вывод о возможности несомненно распознавать две спектральные линии в слоях глинистого песка и песочной глины. Одна из линий падает в диапазон постоянной времени от 30 до 300 мс, а другая — в диапазон от 0,8 до 6,0 с. Можно было однозначно установить, что глубина залегания, возраст пластов, а также процентное содержание глины в них производят существенное влияние на значения постоянной времени и ам-



плитуд. Эксперименты продолжаются с учетом приобретенного до сих пор опыта при помощи разрабатываемой в настоящее время микропроцессорной установки.

2. Непрерывные измерения ВП были проведены с разработанным в институте прибором, который при скорости подъема 6 м/мин и времени возбуждения 200 мс непрерывно определяет следующие известные величины:

$$\eta = \frac{1}{U_0} \int_{t_1}^{t_2} U(t) dt - c,$$

где:

$U_0$  — напряжение возбуждения, замеренное в момент выключения возбуждающего тока,

$t_1$  — 20 мс и  $t_2$  160 мс,

$U(t)$  — потенциал затухания

$c$  — аддитивный член, происходящий из СП и остаточного потенциала, который непрерывно компенсируется автоматически в интервал времени 180—220 мс после выключения тока возбуждения.

По приобретенному в ходе интерпретации измерений опыту аппаратура хорошо детектирует зоны оруденения в рудных скважинах, особенно вкрапленное оруденение. В чистых песках увеличение значения ВП указывает на снижение ожидаемого дебита воды. В водоносных пластах величина ВП почти не превышает значения ВП, измеренные в глинах. Положение является значительно более сложным в глинистых песках, так как здесь в зависимости от разновидности глины (монтмориллонита, каолина и т. п.) максимальные значения ВП получаются при содержании глины 2—10%. При отходящем от этого значения содержания глины значение ВП убывает. Хорошо иллюстрируется такая ситуация на *рис. 97*, который показывает кросс-плот ГК и ВП для песчано-глинистой толщи верхнего паннона на севере задунайского края. Для составления кросс-плота были использованы отрицательные значения.

3. Для интерпретации экспериментальных результатов оказывалось необходимым искать связь между ВП и физическими свойствами горных пород путем применения теоретических моделей. Такие работы продолжаются в настоящее время и направляются на определение количественной связи между физическими свойствами, прежде всего, водоносных, проницаемых слоев [ $R_w$ , поверхностный потенциалом (зета), проницаемостью и содержанием глины] и возбужденным потенциалом.

### 2.3.4 Разработка аппаратуры

#### *Фоторегистратор\**

Фоторегистраторы прежде всего в нефтяной промышленности и разведке других ценных видов минерального сырья сохраняют свое право на существование против перописцев, так как они проводят многоканальную регистрацию в общем поле записи без смещения глубины и позволяют фотографировать на запись соответствующую настоящей глубине разграфку и численное значение глубины.

В связи с вышеизложенным за последние годы в ЭЛГИ были разработаны разные варианты фоторегистраторов. В качестве последнего члена новых разработок в 1982 по поручению Треста нефтегазовой промышленности на основании договора с заводом ГАММА был изготовлен фоторегистратор типа AFR—224—12 со следующими основными характеристиками:

Регистрирует одновременно 9 каналов при помощи 12 гальванометров; протяжка пленки шаговым двигателем позволяет устанавливать 6 масштабов глубины (от 1/20 до 1/2000) с высокой точностью; поле записи по пленке шириной 223 мм носит разграфку в соответствии со стандартом API. Особое достоинство данного фоторегистратора по сравнению с известными зарубежными аналогами заключается в том, что он отличается высокой вибростойкостью и является нечувствительным к наклонам, с одной стороны, и имеет быстродействующие гальванометры, позволяя тем самым проводить быстрое воспроизведение с магнитной ленты или изготовить специальные записи, как напр. фазокорреляционную диаграмму акустического каротажа.

*Комплексная система для управления производственным процессом на базе Промышленного автомата для экспресс-анализа типа МТА—1527—2000\*\**

На настоящем техническом уровне добычи боксита определение качества — отношения  $Al_2O_3/SiO_2$  — производится с большой задержкой (до 24 часов). В связи с этим требуется способ, снабжающий управление производственным процессом точными информациями немедленно до отгрузки боксита из шахты, так как при настоящих методах часто имеют место разработка негодной для прямой обработки руды (породы) и magazинирование больших запасов на дневной поверхности.

В процессе исследовательско-конструкторской деятельности за послед-

\* Янош Л., Салаи Й., Вандор Й.

\*\* Реннер Я., Шиклош А.

ние годы была создана пригодная для шахтных работ установка типа МТА—1527—2000, которая позволяет управлять производственным процессом соответственно качеству добываемой руды. Наша аппаратура используется в шахте за целый год непрерывно в трехсменном режиме для анализа проб, взятых из взрывных скважин. В результате получены количественные данные относительно качества добываемой руды.

Для передачи данных в диспетчерский центр была проектирована и построена нами специальная система отправления и приема. Благодаря этому, результаты измерения появляются также в диспетчерском центре, обеспечивая возможность при помощи одновременного сбора, интерпретации и хранения данных от размещенных на разных производственных участках устройств формировать оптимальную стратегию добычи на каждый день.

Со значением определенного на разных производственных участках содержания  $A_2O_3$ ,  $S \cdot O_2$  и  $CaO$ , а также разработанной за единицу времени добычи можно определить потребность в добыче от отдельных бригад с таким расчетом, чтобы среднее качество отгружаемой руды достигало заранее определенного постоянного значения при минимальных расходах добычи, транспорта и магазинирования.

Достоинства комплексной системы заключаются в следующем:

- не требуется большая площадь на дневной поверхности для смешивания и магазинирования для получения необходимого качества,
- можно осуществить оптимизированную эксплуатацию транспортных конвейеров (при минимальном энергии и расходах),
- можно прекратить отгрузку породы и использовать ее для закладки на исчерпанных рабочих местах,
- при разработки руды с качеством, превышающим среднее, добавлением руды низкого сорта можно поддержать среднее качество.











В Тиханьской обсерватории соответственно практике предыдущих лет продолжались работы по определению абсолютного значения *геомагнитных* элементов и записи их временных вариаций.

Данные, полученные в результате обработки записей, были непрерывно разосланы венгерским потребителям и зарубежным банкам данных.

Для проверки геомагнитного опорного уровня Обсерватории в течение года были проведены сравнительные измерения в Нимегской обсерватории (ГДР). Сотрудниками Гурбановской обсерватории (ЧССР) были выполнены подобные работы в Тиханьской обсерватории.

Были завершены работы по окончательной обработке национальной магнитной опорной сети для эпохи 1980,0, при которых были определены коэффициенты функций второй и третьей степеней, описывающих нормальное поле тотальной интенсивности поля, горизонтальной компоненты, вертикальной компоненты и склонения. В качестве примера приводится контурная карта нормального поля тотальной интенсивности поля (*рис. 98*).

Система цифровой магнитной регистрации, применяемой в Тиханьской обсерватории в течение ряда лет, принесла много полезного опыта. На основании этого опыта мы приступили совместно с Кафедрой микровольной связи Будапештского технического университета к усовершенствованию устаревшего и изношенного устройства для сбора данных регистрирующей системы. Наша цель заключалась в создании специального устройства для сбора данных, которое способно регистрировать тотальные значения и составляющие в диапазоне медленных вариаций геомагнитного поля с высокой надежностью за продолжительное время, требуя минимального надзора и доставляя по возможности большое количество данных, измеряемых или выводимых их замеренных величин геомагнитными обсерваториями.

Доработанная с учетом вышеуказанных целей система, блок-схема которой приведена на *рис. 99*, отличается следующими чертами:

\* Хедьмеги Л., Кэрменды А., Ломници Т., Сабо З.

- производит замер сигнала, пропорционального вариациям трех компонент, который приходит с вариометров напряженной нити с электрическим выходом (МТВ—2), а также температуры корпуса регистратора через 10 сек.;
- производит запрос измеренных протонным магнитометром величин также через 10 сек.;
- производит усреднение данных измерения через минуту и записывает результат на подключенный цифровой кассетный НМЛ;
- непрерывно наблюдает за входными данными и при отклонении от нормального положения сигнализирует аварию;
- при возникновении определенного заранее оператором изменения магнитного поля (магнитной бури) запускает быструю запись на втором цифровом НМЛ и продолжает ее до выключения оператором быстрой регистрации.

Рядом с перечисленными выше основными функциями аппаратура выполняет большую долю задач, которые выполняются, как правило, персоналом обсерваторий в процессе обработки записей. Так, например, для полевых измерительных партий производит выборку характеристик поля через 10 минут, начиная от заданного момента. Эти данные хранятся во внутренней памяти аппаратуры и выписываются по команде оператора или перфорируются на перфоленте путем телетайпа. Также производится сбор и хранение на месяц значений ежедневных максимумов и минимумов по всем составляющим вместе со соответствующим данными времени. Вычисляются среднечасовые и среднесуточные значения. Эти значения также хранятся в течение месяца, а в конце месяца по команде оператора выписываются или записываются на магнитную ленту.

Регистрирующая система построена таким расчетом, что оператор заменяет магнитные кассеты через 48 часов. При этом при помощи клавиатуры оператор может проверять работу устройства, выполнять различные тесты на нем и изменять или перепрограммировать некоторые параметры.

При подключении НМЛ повышенной емкости проверка, программирование, запрос полевых поправочных данных и средних значений могут быть проведены на большом удалении от местонахождения аппаратуры при помощи подключенного к системе телетайпного устройства. Данные измерения невозможно прямо запросить на телетайп, но нет принципиального препятствия хранить и эти данные в памяти и в случае необходимости передавать их в любое место. Значит, в таких случаях нет надобности обеспечивать надзор над аппаратурой на месте, обслуживание ее и вызов данных могут быть осуществлены издалека.

В области исследования *ионосферы-магнитосферы* продолжались аналоговая запись свистящих атмосфериков и обработка данных.

Изготовлено устройство для распознавания сигналов автоматической аппаратуры детектирования и предобработки свистящих атмосфериков. В настоящем состоянии оно способно распознавать ощущаемые человеческими ушами свистящие атмосферерики с надежностью, равной 80%, и записывать входные сигналы в цифровом виде.



В рамках геодинимических исследований в с. Тихань были закончены наблюдения с регистрирующим гравиметром LCRET—16 Дармштадтского технического университета. В ходе сотрудничества нам удалось записать непрерывную серию данных хорошего качества длиной около двух с половиной годов. Обработка измеренных данных производится в настоящее время.

На геодинимической станции Будапешт (гора Матьяш) продолжались запись вертикальных и горизонтальных составляющих земных приливов, а также наблюдения с экстензометром. На основании обработки экстензометрических наблюдений для горизонтального движения земной коры получается длиннопериодическая вариация, равная 30 мкм в год. Ввиду того, что вариации такого порядка связываются, как правило, не дрейфом аппаратуры, а движениями, происходящими в окружении инструмента, мы попытались придавать этому значению геофизическое толкование. Полученная в нашем случае относительная годовая вариация  $30 \text{ мкм}/21 \text{ м} = 1,5 \cdot 10^{-6}$  сопоставлялась с данными других станций. Было отмечено, что независимо от типа экстензометров, их азимута и тектонического положения почти повсюду были получены значения, соизмеримые с нашими. Теоретически на основании деформаций можно оценивать напряжения, или, точнее, изменения в напряжении. Приняв относительные вариации в  $10^{-6}$  в год, получаем изменение в напряжении, равное  $10^5 \text{ Н/кв. м/год}$ . Такое изменение, однако, является преувеличенным. В качестве примера: падение напряжения при сильных землетрясениях составляет  $10^6 \text{ Н/кв. м}$ , для приливных волн, получается  $10^3 \text{ Н/кв. м}$ . На основании модельных расчетов на такое лунносолнечное напряжение можно рассчитывать только в средних частях мантии. По всей вероятности наблюдаемые нами вариации в деформации приурочиваются к процессам, происходящим на такой глубине.

Были проведены исследования относительно того, что можно ли найти связь между напряжениями, вызванными метеорологическими и

---

\* Варга П.

гидрологическими явлениями, и землетрясениями. Такие внешние эффекты могут повлиять на возникновение землетрясения — при наличии всех остальных тектонических предпосылок — тогда, если они смогут создать довольно большое изменение в напряжении на поверхности или вблизи нее и, кроме того, напряжения имеют горизонтальный градиент по поверхности. В таблице VI в качестве иллюстрации приводятся расчетные значения вызванных разными внешними эффектами напряжений. Значение максимально возможного упругого напряжения составляет  $10^7$  Н/кв. м. Под влиянием напряжения, превышающего это значение, возникают уже неупругие изменения. Вероятно тем самым объясняется, что высота аномалий геоида не превышает 100 м, так как у подошвы таких аномалий возникает напряжение свыше  $10^7$  Н/кв. м, что вызывает вязкое течение вещества и с подошвы аномалии вещество оттекает к местам пониженного давления.

Вызванное земным приливом напряжение достигает значения  $10^3$  Н/кв. м только на больших глубинах. На поверхности земный прилив не создает горизонтальные и нормальные напряжения (это и является одним из предельных условий теории Молоденского) и сдвиговые напряжения. Поэтому не можем говорить о вызывающем землетрясение эффекте земных приливов. Несмотря на это ряд авторов публиковал результаты статистических исследований, указывающие на наличие связи между возникновением землетрясений и изменением в потенциале земных приливов. Причина этого явления заключается в том, что под косвенным влиянием океанских приливов — нагружающим земную поверхность — в береговых зонах возникают напряжения порядка  $(10^4—10^5)$  Н/кв. м, которые быстро убывают с расстоянием от берега (присутствует большое сдвиговое напряжение). Напряжения, возникающие на поверхности Земли вследствие океанской нагрузки, при наличии благоприятных тектонических условий могут повлиять на время возникновения землетрясений.

Влияние барометрических вариаций также превышает эффект земных приливов. Могут возникать напряжения свыше  $10^3$  Н/кв. м и при наличии значительного бокового градиента они смогут повлиять на землетрясения.

Глубина водоемов часто превышает 100 м. Возникающее напряжение во время заполнения водохранилищ — при сбросовой геологической структуре — больше чем достаточно для возникновения землетрясения. Модельные эксперименты для расчета вышеуказанной нагрузки основаны на модели Гутенберга—Буллена А. Вызываемые нагрузками напряжения были рассчитаны на основании теории Молоденского. На основании модельных расчетов можно установить, что влияние внешних нагрузок может повлиять только на неглубокие землетрясения. При возникновении напряжений необходимо, чтобы размер нагруженной площади превы-

шал некоторое критическое (0,25—0,7 кв. км) значение. На окраине района, подвергнутого внешней нагрузке, напряжение круто падает, значит в этой части присутствуют самые большие сдвиговые напряжения, которые в первую очередь могут повлиять на этих местах или вдоль разломов, связанных с этими местами, на возникновение землетрясений.



#### *Палеомагнитное исследование геологических основных разрезов*

В рамках этой темы были изучены три группы вопросов:

- А) Продолжалось исследование среднетриасового основного разреза долины Маломвёльд около с. Фелшёэрш, начатое в 1981 г. Были сделаны попытки определить полярность остаточной намагниченности, характерной для нечетных пластов разреза в 1981 г., и для четных в 1982 г. Из четных пластов были взяты по 2—3 образца, чтобы видеть расхождения по направлению — и случайно по полярности — внутри одного пласта. Для участков разреза, поддающихся взятию образцов, была определена аппроксимирующая шкала полярности (*рис. 100*). Для дополнения шкалы необходимо взять образцы также из пропущенных участков.
- Б) Были изучены следующие обнажения красных песчаников Балатонской возвышенности:
  - а) обнажение основного разреза в с. Балатоналмады, ул. Вадвираг: тонкозернистый красный песчаник и белый триасовый известняк (наклон: 310/41);
  - б) Балатоналмады, карьер: красный песчаник (наклон: 278/22);
  - в) Балатонарач, обнажение основного разреза в железнодорожной зарубке: тонкозернистый красный песчаник (наклон: 228/37,5);
  - г) Балатонфюред, ображение против верфа: тонкозернистый красный песчаник (наклон: 240/56);
  - д) Кёвагоэрш: красный песчаник непосредственно под триасовым конгломератом (наклон: 314/23).

Направления характерной намагниченности по отдельным группам образцов являются следующими:

---

\* Мартон Э.

| до внесения тектонических поправок                                   | после внесения тектонических поправок                      |
|--|--|
| а) $N=18$ $D=323^\circ$ $I=49^\circ$ $k=21$ $\alpha_{95}=7,8^\circ$  | $D=319^\circ$ $I=9^\circ$ $k=21$ $\alpha_{95}=7,8^\circ$   |
| б) характерной намагниченности нет                                   |  |
| в) $N=16$ $D=316^\circ$ $I=46^\circ$ $k=12$ $\alpha_{95}=10,9^\circ$ | $D=285^\circ$ $I=34^\circ$ $k=12$ $\alpha_{95}=10,9^\circ$ |
| г) $N=9$ $D=308^\circ$ $I=29^\circ$ $k=15$ $\alpha_{95}=13,8^\circ$  | $D=295^\circ$ $I=0^\circ$ $k=15$ $\alpha_{95}=13,8^\circ$  |
| д) $N=9$ $D=317^\circ$ $I=52^\circ$ $k=16$ $\alpha_{95}=13,4^\circ$  | $D=316^\circ$ $I=29^\circ$ $k=16$ $\alpha_{95}=13,4^\circ$ |

По среднему направлению групп образцов, обладающих характерной намагниченностью, а), в), г) и д) были вычислены новые средние направления до и после внесения тектонических поправок:

| до внесения тект. поправок                                     | после внесения тект. поправок                            |
|--|--|
| $N=4$ $D=316^\circ$ $I=44^\circ$ $k=51$ $\alpha_{95}=13^\circ$ | $D=304^\circ$ $I=18^\circ$ $k=13$ $\alpha_{95}=26^\circ$ |

где:

$D$  = среднее наклонение

$I$  = среднее склонение

$k$  и  $\alpha_{95}$  = статистические параметры

$N$  = количество образцов

Статистические параметры ухудшаются после перестановки пласта по горизонтали (внесения тектонической поправки). Это явление указывает на то, что породы получили свою намагниченность уже в современном тектоническом положении. Требуется обработка материалов дальнейших обнажений для решения вопроса о том, что намагниченность всех (или только некоторых) образцов красных песчаников Балатонской возвышенности возникала ли после складкообразования.

В) Исследование юрских и меловых известняков около сс. Уркут и Варошлéd.

Цель исследования заключалась в решении вопроса о том, что расхождение в простирании единиц, характеризующихся проходящими по разным направлениям (С—Ю, или СВ—ЮЗ) структурными осями, может ли быть вызвано тектоническими движениями после нижнего мела.

Образцы были взяты на следующих местах:

- Уркут, марганцовый рудник, шахта 3, западный полевой штрек: серый известняк доггера в подошве марганцевой толщи. 10 образцов, меридиональная структура;
- Варошлéd, Гомбашпуста: тонкотеррасный белый известняк без характерных для горизонта окаменевших остатков, под ним зале-

гает байос, поэтому принимается за батским. 6 образцов, меридиональная структура;

- в) Варошлёт, Гомбашпушта, железнодорожная зарубка: светло-серый известняк доггера. 5 образцов, структура простирается по СВ—ЮЗ.
- г) Уркут, Чингервёлд: складчатый, серый известняк доггера. 4 образца, меридиональная структура;
- д) Уркут: альбский, розовый, трещиноватый, мощнотеррасный известняк. 10 образцов, меридиональная структура.

Характерной намагничённостью обладают группы а), б) и д).

По проведенным в 1982 году исследованиям можно установить, что в направлениях намагничённости групп образцов, взятых из структур с осями по С—Ю и СВ—ЮЗ, значительного расхождения нет, но в связи с ограниченным количеством мест для взятия образцов, дающих результат, нельзя сделать окончательного вывода.

#### *Палеомагнитное исследование бокситов и вмещающих пород*

В рамках темы продолжалось исследование бокситовой области около с. Гант и с. Сэц, начатое в 1981 году.

А) В районе Сэц образцы были собраны из бокситовых залежей, подстилающих и перестилающих характеризующую обогащением железа красную зону, из самой железосодержащей зоны и покрывающего эоценового известняка. Покрывающий эоценовый известняк в соответствии с прежними наблюдениями и теперь не показывал характерной намагничённости. Магнитное направление железной зоны указывает на совершенное перемагничивание в современном поле. Направление характерной намагничённости боксита под железной зоной является следующим:

$$D=114,2^{\circ} \quad I=-23,4^{\circ} \quad k=9 \quad \alpha_{95}=19,3^{\circ} \quad N=8.$$

Боксит над железной зоной не имеет характерной намагничённости.

По магнитному исследованию носящих намагничённость минералов, а также по анализу естественной остаточной намагничённости оказывается очевидным, что намагничённость бокситов является комплексной с обеих точек зрения. Образцы не поддаются дальнейшему очищению намагничённости. На улучшение относящихся к данному направлению статистических параметров можно надеяться только в результате увеличения количества изучаемых образцов.

Б) Относительно бокситов около с. Гант можно сделать подобные вышеуказанным выводы. Направление характерной намагничённости:

$$D=112,9^{\circ} \quad I=-36,8^{\circ} \quad k=9 \quad \alpha_{95}=17,1^{\circ} \quad N=10.$$



Намагниченность покрывающей серой мергели в Гантском районе является очень хорошо определяемым (ее геологический возраст, однако, является неопределенным):

$$D=109,0^{\circ} \quad I=-57,4^{\circ} \quad k=101 \quad \alpha_{95}=4,6^{\circ} \quad N=11.$$

Покрывающий эоценовый известняк все еще не показывает характерной намагниченности.

#### *Палеомагнитные исследования в горах Веленце*

Было закончено исследование всех андезитовых обнажений в горах Веленце, пригодных для взятия образцов для палеомагнитных целей.

Первоначальная намагниченность андезитов перекрывается полностью приобретаемой в последствии намагниченностью в современном поле. Эта последующая намагниченность может быть полностью устранена демагничиванием в переменном поле интенсивностью 400 мЭрстэд или термическим демагничиванием при 400 °C (рис. 101).

По 8 местам взятия образцов направление преобладающего во время андезитового вулканизма магнитного поля является следующим:

$$D=153^{\circ}, \quad I=-45^{\circ} \quad k=28 \quad \alpha_{95}=10,6^{\circ} \quad N=8.$$

Намагниченность каждого андезитового тела отличается обратной полярностью.

Большая часть изученных гранитов подвергалась полному или частичному перемагничиванию во время андезитового вулканизма. Самостоятельную намагниченность показывают материалы пяти обнажений гранитов (шахта Ригохедь: основной гранит, карьер Олас, Хуркавельд, нижний карьер Ретез, карьер Карочоньхедь), по образцам которых направление характерной намагниченности является следующим (возраст намагничивания может быть верхнего каменноугольного периода):

$$D=144^{\circ}, \quad I=31^{\circ}, \quad k=9 \quad \alpha_{95}=8,0^{\circ} \quad N=91.$$

#### *Международное сотрудничество по палеомагнитным исследованиям*

В рамках сотрудничества между Югославией и ВНР, Австрией и ВНР, а также США — ВНР были взяты образцы из некоторых обнажений осадочных пород в горах Динариды, магматических пород в горах Мечек и Балатонской возвышенности, четырех обнажений метаморфических пород в горах Рохонц, и отдельных обнажений красных песчаников пермского возраста в Венгрии и юрско-мелового возраста в Северной Америке. Палеомагнитное исследование образцов горных пород производится в настоящее время.

В 1982 г. начались гравиметрические работы по Единой гравиметрической сети (ЕГС) на территории социалистических стран. Исходным условием для проектирования сети явилось, что относительная надежность отдельных пунктов сети ( $\mu_0$ ) не должна быть хуже, чем  $3,10^2 \text{ nms}^{-2}$  ( $=0,03 \text{ мгл}$ )\*\*. Для выполнения этого весьма строгого условия для измерений по сети используются абсолютный гравиметр, относительные маятниковые установки и относительные гравиметры различных типов.

Для того, чтобы ЕГС представляла собой основу на мировом уровне для усовершенствования гравиметрических опорных сетей отдельных стран, в каждой стране была запланирована оптимальная конфигурация сети, обеспечивающая при использовании имеющихся приборов выполнение исходного условия.

В процессе планирования возникла потребность, из большого числа возможных конфигураций путем соответствующего выбора весов измерения выбрать вариант, дающий при минимальных затратах сеть с распределением погрешностей, которая лучше всего отвечает нашим целям.

Один из методов выбора весов измерения заключается в минимизации скалярной целевой функции, характеризующей точность сети. Для минимизации скалярной целевой функции было разработано нами несколько методов. По нашему опыту веса измерения в значительной мере зависят от выбора целевой функции, метода оптимизации, а также от производства проектирования по самостоятельной или связанной сети.

Другой применяемый нами способ определения весов измерения: аппроксимировать сеть с некоторым заранее заданным распределением погрешностей при помощи математического программирования. В ходе проектирования варианты создающих сеть пунктов были приняты в зависимости от расстояния между пунктами. Так как получаемые в результате линейного программирования веса измерения являются, как правило, не целыми числами, они могут быть рассмотрены как числа повторения только после округления вверх, поэтому в качестве другого варианта этого метода проектирование было проведено с использованием

\* Чапо Г., Полхаммер М., Шархидан А., Сабо З.

\*\*  $0,01 \text{ мгл} = 10^3 \text{ nms}^{-2}$



„полноценного программирования“. Полученные таким образом числа повторения в ряде случаев стали меньшими, чем округленные значения, полученные путем линейного программирования.

Применение этих методов позволяет получить значительно более точную, однородную сеть, при более экономичном использовании имеющихся материальных средств.

По обоим методам проектирования была разработана программа для ЭВМ ЕС—1035.

За прошедшие годы на территории Венгрии на четырех пунктах были определены абсолютные значения силы тяжести (см. Годовой отчет за 1980 г., рис. 86). Эти пункты были заложены таким расчетом, чтобы они при равномерном по площади распределении охватили большинство диапазона  $\Delta g$  страны. Надежность проведенных по абсолютному методу определений равна  $\pm 10$ —14 мкгл. На территории страны было заложено 8 пунктов ЕГС (12 000 кв. км/пункт). Для планирования гравиметрических работ по сети на относительную погрешность измеренных на отдельных связях значений  $\Delta g$  было принято нами значение  $\pm 0,03$  мгл — независимо от величин значений  $\Delta g$ . Чтобы удовлетворить такому условию, было запланировано такое размещение пунктов по сети, при котором значение  $\Delta g$  между соседними пунктами в каждом случае меньше чем 90 мгл.

Приборы транспортировались турбо-самолетом типа Пилатус—Портер, при высоте полета от 200 до 400 м. Измерения были выполнены в сотрудничестве между ВНР и ЧССР с 8 гравиметрами одновременно по схеме А—В—А—В—А с повторением. Схема венгерского участка ЕГС показана на рис. 102.

Значения определенных по абсолютному методу  $g$  при автомобильной транспортировке были приведены уже в предыдущих годах к находящимся вблизи них пунктам ЕГС на аэродромах. Средняя надежность этих связей составляет  $\pm 5$ —8 мкгл.

Оценка предварительной обработки измерений:

Приведенные к аэродромным пунктам ЕГС абсолютные значения  $g$  были предположены безошибочными и, приняв их за принудительные, мы провели выравнивание сети по каждому прибору. В результате такого выравнивания были получены масштабные коэффициенты гравиметров. После исправления измеренных при их помощи значений  $\Delta g$  было проведено совместное выравнивание сети, где значений  $g$  новых пунктов были приняты за незнакомые (10 незнакомых), а каждое измерение рассматривалось как одинаковое по надежности.

Обработка велась по двум вариантам:

В варианте 1 все значения  $\Delta g$ , вычисляемые по одной серии измерения по схеме А—В—А—В—А, считались самостоятельной работой (по 4 значе-



ния по прибору за день). В этом варианте для определения 10 незнакомых имеется в распоряжении 1063 результата измерения. С учетом того, что в выравниваниях по принципу наименьших квадратов в строгом смысле можно работать только с независимыми друг от друга результатами измерения, в варианте 2 обработки за самостоятельные (и вместе с тем независимые) результаты измерения принимались только средние результаты измерения за отдельные рабочие дни (244 данных).

Был проведен расчет средних погрешностей весовой единицы, характерной для связей измерения — до выравнивания — ( $\mu_0$ ), а также средней надежности одного измерения ( $\mu_x$ ). Эти данные были составлены в *таблице VI*. Были определены значения невязки закрытых полигонов (на рис. 102 = А, В, С) до выравнивания ( $\omega_A = +22$  мкгл,  $\omega_B = -15$  мкгл,  $\omega_C = +30$  мкгл).

На основании проведенного анализа исходное условие считается выполняемым для венгерского участка ЕГС.

В рамках усовершенствования гравиметрических сетей продолжались работы по повторному измерению гравиметрической опорной сети II-го класса. В 1982 году были определены 145 связей сети.

Таблица VI

| Связь    | Вариант 1 |                               |         | Вариант 2 |                               |         |
|----------|-----------|-------------------------------|---------|-----------|-------------------------------|---------|
|          | n         | $\mu_0$                       | $\mu_x$ | n         | $\mu_0$                       | $\mu_x$ |
|          |           | $\cdot 10^2 \text{ нмс}^{-2}$ |         |           | $\cdot 10^2 \text{ нмс}^{-2}$ |         |
| 1.       | 84        | 4,4                           | 0,5     | 21        | 4,0                           | 0,9     |
| 2.       | 64        | 3,5                           | 0,4     | 16        | 3,0                           | 0,7     |
| 3.       | 60        | 4,4                           | 0,6     | 15        | 3,2                           | 0,8     |
| 4.       | 64        | 2,6                           | 0,3     | 16        | 2,1                           | 0,5     |
| 5.       | 64        | 1,7                           | 0,2     | 16        | 1,5                           | 0,4     |
| 6.       | 64        | 2,7                           | 0,3     | 16        | 1,4                           | 0,4     |
| 7.       | 64        | 2,8                           | 0,4     | 16        | 2,2                           | 0,6     |
| 8.       | 64        | 2,3                           | 0,3     | 16        | 2,0                           | 0,5     |
| 9.       | 64        | 2,6                           | 0,3     | 16        | 2,2                           | 0,6     |
| 10.      | 71        | 3,2                           | 0,4     | 16        | 1,7                           | 0,4     |
| 11.      | 60        | 1,4                           | 0,2     | 16        | 1,2                           | 0,3     |
| 12.      | 68        | 2,1                           | 0,2     | 16        | 1,9                           | 0,5     |
| 13.      | 69        | 2,5                           | 0,3     | 16        | 2,7                           | 0,7     |
| 14.      | 75        | 2,5                           | 0,3     | 16        | 1,7                           | 0,4     |
| 15.      | 64        | 2,4                           | 0,3     | 16        | 2,4                           | 0,6     |
| 16.      | 64        | 3,0                           | 0,4     | 16        | 2,6                           | 0,6     |
| $\Sigma$ | 1063      |                               |         | 244       |                               |         |
| Среднее  |           | 2,8                           | 0,34    |           | 2,2                           | 0,56    |

$n$  = число измерений  $\Delta g \mu_0 = \pm$

$$\sqrt{\frac{\Sigma v v}{n-1}}$$

$$\mu_x = \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{n}}$$

## Примеры деятельности ЭЛГИ за-границей

### *Международная Геологическая экспедиция в Монголии\**

В этом году продолжались разведочные работы в рамках Международной Геологической экспедиции, созданной странами — членами СЭВ. Под нашим руководством в качестве ответственных исполнителей проводились работы одной Геологосъемочной партией (подрядчик МАФИ) и Комплексной геофизической партией. Обе партии проводили исследования на территории Южной Гоби с целью выявления месторождений меди и прочих полезных ископаемых.

Комплексная геофизическая партия проводила измерения различными методами (сопротивления, ВП, магнитные и сейсмические измерения) на территориях, изученных польской и венгерской геологосъемочными партиями и чешской ревизионной партией, с целью определения параметров рудопроявлений и структур, открытых этими партиями. В настоящее время проводятся геологическая интерпретация результатов измерений и составление отчета.

### *Многочастотное электромагнитное зондирование (МЧЗ)*

Применение многочастотного электромагнитного зондирования (МЧЗ) с индуктивным возбуждением в числе разработок по электромагнитным методам было уже раньше опубликовано в изданиях ЭЛГИ (см. Годовой отчет ЭЛГИ за 1980 г., стр. 73).

Аппаратурная база для метода МЧЗ представлена аппаратурой MAXI—PROBE типа EMR—16 фирмы Geoprobe Ltd. (Канада). В сотрудничестве с заграничными исследовательскими институтами и университетскими кафедрами в ВНР был решен расчет характеристик электромагнитного поля для модели продольно расслоенной среды при возбуждении с магнитным диполем. Тем самым была предоставлена возможность анализа разрешающей способности метода и сопоставления различных методов обработки. Обработка данных МЧЗ в производственном порядке производится на настольном калькуляторе типа HP—9845 S,

---

\* Жилле А.



смонтированном на автомобиле-вездеходе, по методике, купленной у фирмы Geoprobe Ltd. Описание теоретического расчета возбуждения магнитным диполем дано в п. 2.2.1.

Ниже дается отчет о некоторых работах, на публикацию которых мы получили предварительное согласие наших зарубежных партнеров.

#### а) Измерения МЧЗ в Чехословакии\*

Институтом ЭЛГИ были проведены в сентябре 1982 года электромагнитные частотные зондирования с аппаратурой MAXI—PROBE типа EMR—16 по поручению Geofyzika Slovensky Geologicky Urad и Geofyzika p.p. Brno, zavod Bratislava (Dr. Igor Tuny, Ing. Ivan Marusiak). В подготовке работ и геологической интерпретации результатов со словацкой стороны участвовал Душан Обернауер. Цель экспериментальных работ заключалась в доказательстве удовлетворительной разрешающей способности и эффективности метода МЧЗ по системе MAXI—PROBE на сложной геологической модели.

Измерения были произведены по профили через 25 м. По геологической колонке скважин угленосный пласт залегает в интервале глубин 60—90 м между песочными, мергельными и гравийными отложениями. Сопротивление вмещающих отложений изменяется от нескольких десятков до нескольких сотен Ом-м, что подтверждается записанными в скважинах кривыми электрического каротажа. Вмещающие породы не обладают специфичным значением сопротивления, характерным только для данного типа пород. Однако, каротажные кривые показывают, что угольный пласт обладает повышенной проводимостью по сравнению с окружающими формациями (наблюдается контраст сопротивления в 3—4 раза). Мощность угольного пласта составляет 5—6 м, всего 5—10% от глубины залегания его. До приступления к работе по профилю пришлось убедиться в возможности выявления тонкого угленосного пласта при помощи электромагнитного частотного зондирования. Для этой цели в одной из скважин были проведены частотные зондирования с 3 разными расстояниями между передатчиком и приемником. Установка  $L=40$  м не дала результата, поддающегося интерпретации. Измерения с расстояниями  $L=100$  и  $L=120$  м между передатчиком и приемником уже дали результаты, кривые  $\rho_A(H)$  приведены на *рис. 103*. Критерией детектируемости является наличие однозначно выделяемых точек перелома по кривым  $\rho_A(H)$ , относящимся к различным установкам  $L$ , для выявляемых разделов, причем глубина точек перелома не должна зависеть от  $L$ , а должна показать довольно хорошее совпадение с геологической колонкой бурения и/или кривой электрического каротажа. По кривой  $\rho_A(H)$ ,

\* Кардеван П.,



относящейся к  $L=100$  м, проводящий по сравнению с вмещающими породами пласт наблюдается в интервале 63—67 м, а по кривой, относящейся к  $L=120$  м, — в интервале 64—67,5 м (см. точки перелома  $C_1$  и  $B_1$  соответственно).

По данным бурения угольный пласт залегает в интервале 64,4—69,2 м. Эти данные показывают, что уголь хорошо детектируется системой MAXI—PROBE, расхождение по глубине разделов составляет не более 2 м. Для зондирования по профилю была выбрана установка  $L=120$  м, которая обеспечивает повышенную контрастность. Часть обработанного профиля приведена на *рис. 104*. При прослеживании угольного пласта по профилю и интерпретации разреза предполагалось, что угольный пласт представляет собой проводящий слой по сравнению с вмещающими породами (без изменения фации) и может быть детектирован по всему профилю, а не только на местах экспериментальных работ. Такие предположения были подтверждены зондированием.

В случае сбросов отождествление тонкого проводящего слоя может оказываться затруднительным, так как между точками кривых  $\varrho_A(H)$  можно было бы в принципе истолковать ряд „тонких проводящих слоев“ как угленосный пласт. Однако, геофизической интерпретации придает чрезвычайную надежность коррелируемость слоев, охваченных соседними точками перелома. С точки зрения „нахождения“ угольного пласта основную важность имеет распознавание разделов  $E_2—D_2$ ,  $D_2—C_2$  и  $D_2—C_1$ , а также корреляция охваченных ими пластов. На основании зондирования под относительно слабо проводящим пластом  $E_2—D_2$  почти повсюду залегает лучше проводящая, но довольно неоднородная толща: слои  $D_2—C_2$  и  $D_2—C_1$ . Угленосный пласт необходимо искать под этой толщей. Наличие небольшого сброса, пересекающего угленосный пласт, подтверждается тем, что в разделах перекрывающих угленосный пласт характерных слоев наблюдается такая же амплитуда смещения (напр., между 4 и 5). Тектоническая картина между зондированиями №№ 0—8 подтверждается, очевидно, разделом  $A_2$  ( $A_3$ ) простирающимся под угольным пластом.

#### б) Измерения МЧЗ в р. Баден-Вюртенберг (ФРГ)\*

В 1982 г. по поручению фирмы ВЕВ, Erdgas-Erdöl были проведены детальные измерения по методу МЧЗ с целью выявления приповерхностных тонких слоев. Изучаемый осадочный слой был заключен в весьма разнообразной геологической толще. Его мощность часто была меньше 10% глубины залегания, но, несмотря на это, удалось прослеживать слой в связной области и выявить сбросы с амплитудой не менее 3 м при по-

\* Дьюрко П., Сабадвари Л.

мощи электромагнитного зондирования. В процессе геофизической интерпретации путем определения корреляции между кривыми можно проследживать размещение пластов. Идентификация полученных таким образом горизонтов с геологическими разрезами была основана прежде всего на сопоставлении измеренных на точках бурения кривых МЧЗ и каротажных диаграмм, далее, на прослеживании распознанных на выходах пластов. Истинное сопротивление отдельных пластов определялось при помощи зондирований на постоянном токе.

Колонка бурения и измеренная на точке бурения кривая МЧЗ приведены на *рис. 105*. Легко идентифицируются высокоомный слой известняка между границами *X* и *A*, а также низкоомная толща глины и мергеля между границами *B* и *П*, которая включает в себя искомый тонкий слой. Хорошая коррелируемость пластов и распознаваемость сброса иллюстрируются на *рис. 106*. Несмотря на сильную изменчивость поверхности можно наметить почти горизонтально залегающие слои, их мощность местами не достигает даже 5% глубины залегания. На разрезе, показанном на *рис. 106*, выделению сброса способствует также изменение характера кривых (см. кривые МЧЗ 4 и 5).

По интерпретированным данным о глубине были составлены контурные карты отдельных разделов и пространственное изображения их при помощи цветного плоттера калькулятора типа HP 9845 S.

#### в) Измерения МЧЗ в Верхней Австрии\*

Задача электромагнитного зондирования заключалась в определении глубины залегания кристаллического фундамента, а также расчленении покрывающих слоев. Геологическая колонка в пробуренной в районе скважины и измеренная над ней кривая МЧЗ показаны на *рис. 107*. Фундамент можно было очень точно наметить при помощи точки резкого перелома на глубине 345 м. Четыре характерных слоя покрывающей толщи хорошо выделяются по кривой. Заслуживает внимание, что можно было определить тонкий проводящий пласт в высокоомной среде (между 175 м и 190 м).

#### г) Измерения МЧЗ в Баварии (ФРГ)\*\*

Цель работ и в этом случае заключалась в решении вопроса о том, в какой мере является пригодным электромагнитное частотное зондирование для выявления кристаллического фундамента и расчленения покрывающей толщи. Поверхность фундамента была сопряжена с геофизической границей 1, глубина которой по колонке скважины на *рис. 108*

\* Дюрко П., Хоффер Э.

\*\* Дюрко П., Сабадвари Л.



составляет 376 м. Точность и надежность определения высокоомного фундамента увеличиваются благодаря наличию на поверхности основания тонкого проводящего слоя, который прослеживается по профилю (рис. 109). Подобным образом хорошо прослеживается проводящий слой между разделами С и II в покрывающей толще. Дальнейшее расчленение наблюдается в покрове и основании, они повысили надежность корреляции кривых.

В условиях района измерений была доказана упругость метода, которая приписывается следующим особенностям:

- обеспечена возможность изменения расстояния между передатчиком и приемником в широком диапазоне для изучения заданного интервала глубин,
- расстояние между передатчиком и приемником превышает в крайнем случае два раза изучаемую глубину, значит, оказывается сравнительно небольшим,
- направление расстановок — при отсутствии больших структурных изменений — выбирается по усмотрению оператора, передатчик и приемник могут быть переменены между собой.

Таким образом этот метод может найти применение в сельскохозяйственных или застроенных районах без ущерба на окружающую среду. Точка относимости может быть помещена на трудно доступном месте.

#### д) Измерения МЧЗ в Нижней Австрии\*

Электромагнитное частотное зондирование также позволяет выделить относительно тонкий пласт с повышенным по сравнению вмещающими породами сопротивлением. Это иллюстрируется на рис. 110, где мощность изучаемого слоя эоценового известняка составляет 10% от глубины залегания. Задача также заключалась в определении мощности карстированного известняка. Видно, что известняк очень хорошо отделяется от низкоомной кровли, а также от подошвы, имеющей несколько повышенное сопротивление. Обозначенные кружками искажения по кривой вызваны электрическим проводом, проходящем вблизи (частоты искаженных точек однозначно совпадали с частотой 50 Гц сети и высшими гармоническими ее).

---

\* Дюрко П., Сабадвари Л.



Фонд библиотеки в настоящее время содержит 24 258 экземпляров книг и журналов, а также 27 927 прочих публикаций. В 1982 году фонд пополнился 525 томами книг, 368 журналами (2165 экз.) 881 документацией и 180 проспектами приборов. Фонд журналов пополнился 11-ю новыми названиями.

В рамках международного обмена публикациями институтом было получено 559 изданий из 59 стран и было отправлено 1520 изданий по 512 адресам.

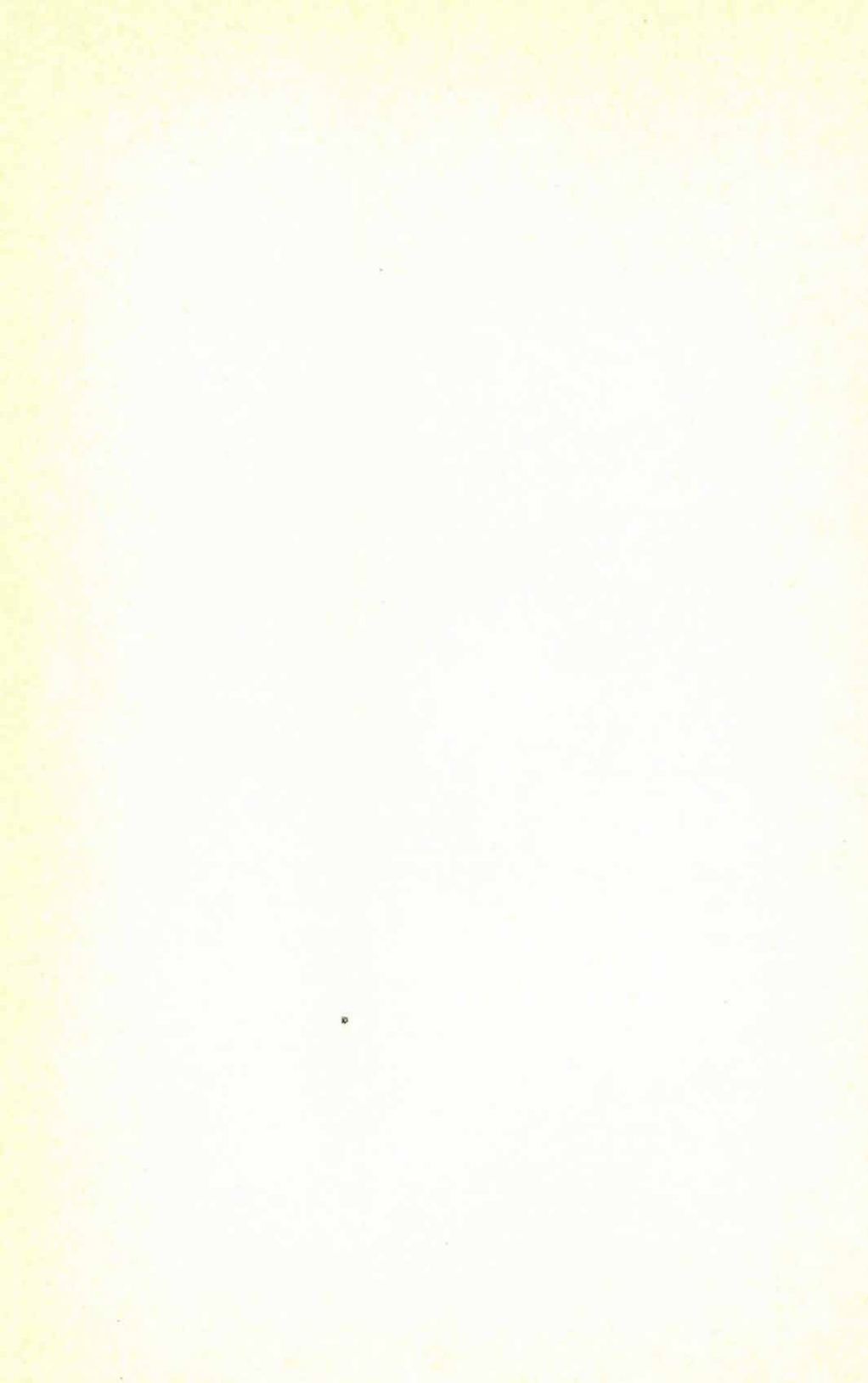
За отчетный год библиотекой было обслужено 5358 читателей/абонентов.

\* \* \*

*В 1982 году Элги были изданы следующие публикации:*

- Годовой отчет Венгерского геофизического института им. Л. Этвеша за 1981 год.
- Геофизический Бюллетень, вып. 28, № 1 и 2
- Годовой отчет Тиханьской геофизической обсерватории за 1980 год.

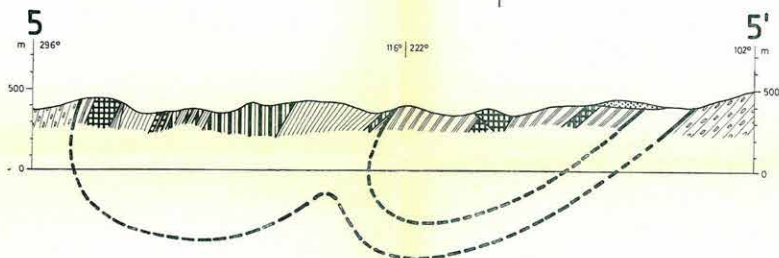
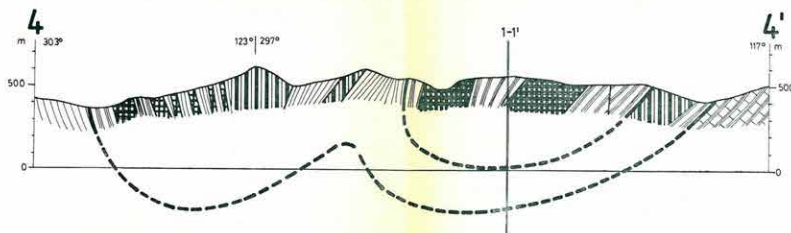
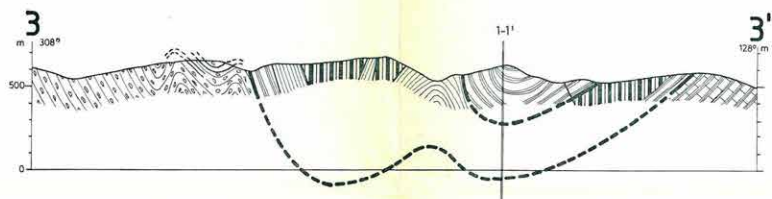
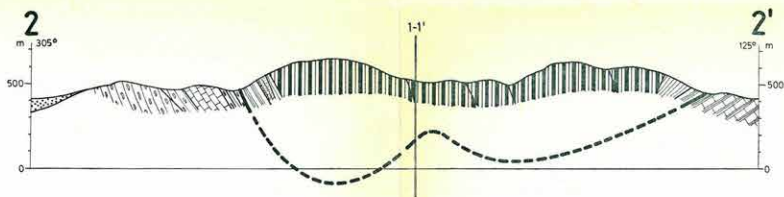
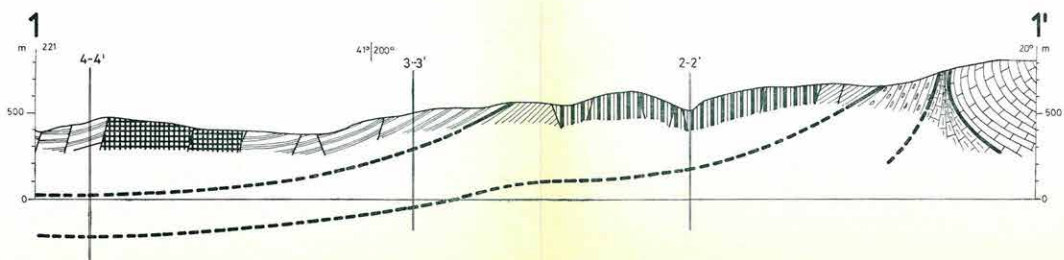








0 1 2 3 km



## 2. Melléklet. A Szarvaskői sziniform földtani szelvényei

Megjegyzések: 1 — a jelölés, továbbá a szelvények és a földtani térkép (1. mell.) jelöléseinek egyeztetése az 1. mellékleten található; 2 — a szelvényvonalak a földtani térképen (1. mell.) láthatók

### Enclosure 2. Geological cross sections of the Szarvaskő synform

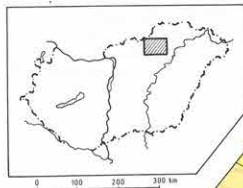
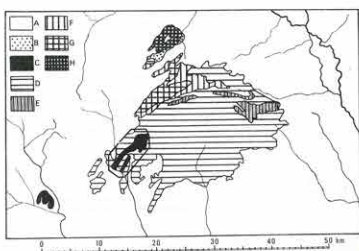
Remarks: 1 — legend and its comparison with that of the geological map can be found on Enclosure 1; 2 — locations of cross sections are marked on the geological map (Enclosure 1)

Приложение 2. Геологические разрезы через Сарвашкёйскую синформу  
Примечания: 1 — условные обозначения; также укажу условных обозначений разреза и карты (прил. 1) см. в приложении 1; 2 — линия разреза обозначены на геологической карте (прил. 1)

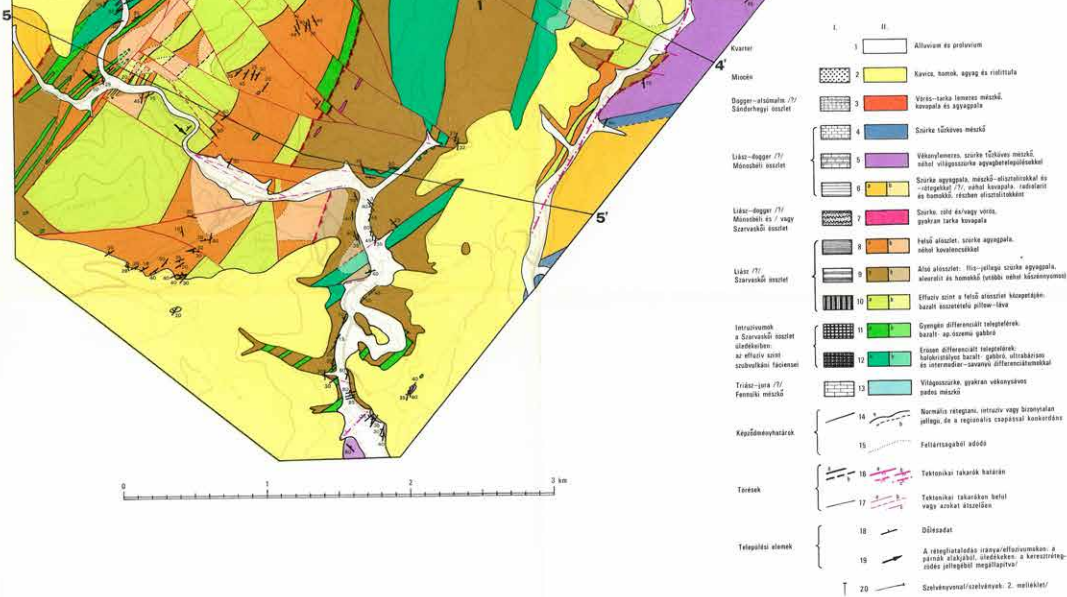
# SZARVASKŐ KÖRNYÉKÉNEK FÖLDTANI TÉRKÉPE

Szerkesztette: Balla Zoltán

1982



A-karászhegy  
B-felakvára  
C-jura (?) kőzetek  
D-triász üledékek  
E-triász vulkánitok  
F-perm  
G-karász-felakvára  
H-dérm-álskőhegy





Enclosure 1. GEOLOGICAL MAP OF VICINITY OF SZARVASKÓ  
Compiled by Zoltán Balla  
1982

|  |  |
|--|--|
| Quaternary   | 1 Alluvial and proluvial sediments   |
| Miocene  | 2 Gravel, sand, clay and rhyolitic tuff  |
| Daguer to Lower Malin (?)  | 3 Red to variegated thin-sheeted limestone, chert and shale  |
| Sándor-hegy Formation  | 4 Grey limestone with flints   |
| Lias to Dogger (?)   | 5 Thin-sheeted grey limestone with flints, occasionally with light-grey shale intercalations                                     |
| Mónosbél Formation   | 6 Grey shale with limestone oololiths and intercalations (?), occasionally chert, radiolarite and sandstone, partly as oololiths |
| Lias to Dogger (?)   | 7 Grey, green and/or red chert, frequently variegated  |
| Mónosbél and/or Szarvaskó Formation  | 8 Upper Subformation: grey shale, occasionally with chert lenses   |
| Lias (?)   | 9 Lower Subformation: flysch type grey shale, siltstone and sandstone (occasionally with coal)                                   |
| Szarvaskó Formation  | 10 Effusive horizon in middle part of the Upper Subformation: pillow lava of basaltic composition                                |
| Intrusive bodies in sediments of the Szarvaskó Formation; subvolcanic facies of the effusive horizon | 11 Slightly differentiated sill: basalt to fine-grained gabbro   |
| Triassic to Jurassic (?)   | 12 Strongly differentiated silt: holocrystalline basalt to gabbro with ultramafic and intermediate to acid differentiates        |
| Plateau Limestone  | 13 Light-grey, frequently thin-strippled, thick-sheeted limestone  |
| Contacts   | 14 Stratigraphic, intrusive or uncertain but concordant with regional strike   |
| Faults   | 15 Expositional  |
| Structural elements  | 16 Nappe or subnappe boundary  |
|  | 17 Within nappes or transversal  |
|  | 18 Dip   |
|  | 19 Direction to the top of the sequence (confirmed by pillow morphology or stratification patterns)                              |
|  | 20 Profile (for sections see Encl. 2)  |

I — Legend of the Stratigraphic column (Fig. 2) and Geological sections (Encl. 2)

II — Legend of the map

a — observed, b — assumed, c — covered by Quaternary sediments

Maps in the top left corner:

The map above — position of the Szarvaskó area in the Bükk Mts.

A — Cenozoic  
B — Upper Cretaceous  
C — Jurassic (?) basic magmatic rocks  
D — Triassic sediments  
E — Triassic volcanites  
F — Permian  
G — Middle to Upper Carboniferous  
H — Devonian to Lower Carboniferous

The map below — position of the Bükk Mts. in Hungary

Приложение 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ОКРЕСТНОСТЕЙ  
САРВАШКЕ  
Составил Золтан Балла  
1982 г.

|   |  |
|---|--|
| Антропоген  | 1 Аллювий и пролювий   |
| Миоцен  | 2 Галечники, песок, глина и рhyолитовые туфы   |
| Доггер — нижний мелом (?)   | 3 Красные до пестрых тонкопослойчатые известняки, кремнистые сланцы  |
| Шандорхедьская свита  | 4 Серые известняки с кремнями  |
| Лейас — доггер (?)  | 5 Серые известняки с прослоями светлосерых глинистых сланцев   |
| Моношбелская свита  | 6 Серые глинистые сланцы с опистхотемами и пролоями (?) известняков, местами кремнистые сланцы, радиолариты и песчаники, отчасти в качестве опистхотем |
| Лейас — доггер (?)  | 7 Серые, зеленые и/или красные, часто пестрые кремнистые сланцы  |
| Моношбелская и/или Сарвашская свиты   | 8 Верхняя подзита: серые глинистые сланцы, местами с линзами кремней   |
| Лейас (?)   | 9 Нижняя подзита: флишеподобные серые глинистые сланцы, алевриты и песчаники (последние со следами углей)  |
| Сарвашская свита  | 10 Эффективный горизонт в средней части верхней подзита: подушчатые лавы базальтового состава  |
| Интрузивные тела в осадочных породах Сарвашской свиты; субвулканическая фация аффилированного горизонта | 11 Слабо дифференцированные силлы: базальты до мелкокристаллических габбро   |
| Триас — юра (?)   | 12 Сильно дифференцированные силлы: полнокристаллические базальты и габбро с ультраосновными и средними-кислыми дифференциатами                        |
| Известняки Плато  | 13 Светлосерые, часто тонкопослойчатые, толстошпательчатые известняки  |
| Геологические границы   | 14 Нормальные стратиграфические, интрузивные и неясные, но согласные с региональным пространством  |
| Тектонические нарушения   | 15 Обнаженные и необнаженные участки   |
| Элементы залегания  | 16 На границах покровов  |
|   | 17 Внутрь покровов или их расщепления  |
|   | 18 Падаение  |
|   | 19 Направление смещения слоев (по морфологии ложных базальтов и по характеру опистхотем)   |
|   | 20 Линия геологического разреза (на прил. 2)   |

I — условные обозначения к стратиграфической колонке (фиг. 2) и геологическим разрезам (прил. 2)

II — условные обозначения к геологической карте

a — прослеженные, b — предполагаемые,

c — прикрытые антропогенными отложениями

В левом верхнем углу приводятся:

вверху — положение окрестностей с. Сарвашке в Бюкских горах

A — кайнозой  
B — верхний мел  
C — юрские (?) основные магматические породы  
D — триасовые отложения  
E — триасовые вулканиды  
F — пермь  
G — средний — верхний карбон  
H — девон — нижний карбон

внизу — положение Бюкских гор в Венгрии

Nemesis d.